



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**AMANDA DA SILVA REIS**

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS  
DE MANEJO EM ÁREAS DE ECÓTONO CERRADO – AMAZÔNIA**

**GURUPI - TO  
2018**

**AMANDA DA SILVA REIS**

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS  
DE MANEJO EM ÁREAS DE ECÓTONO CERRADO – AMAZÔNIA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Antônio Clementino dos Santos

GURUPI-TO

2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

R375a Reis, Amanda da Silva.

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES  
SISTEMAS DE MANEJO EM ÁREAS DE ECOTONO CERRADO –  
AMAZÔNIA.. / Amanda da Silva Reis. – Gurupi, TO, 2018.

61 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins  
– Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em  
Produção Vegetal, 2018.

Orientador: Antônio Clementino dos Santos

1. Argissolo Vermelho. 2. Neossolo Quartzarênico. 3. Silvipastoril. 4.  
Pastagem. I. Título

**CDD 635**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**



Universidade Federal do Tocantins  
Campus de Gurupi

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO TOCANTINS

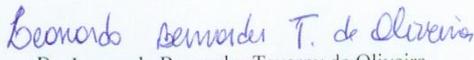
ATA nº

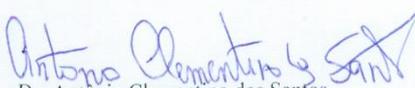
**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado DE AMANDA DA SILVA REIS, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**

Aos 19 dias do mês de fevereiro do ano de 2018, às 08:00 horas, na sala de defesa de dissertação/tese do prédio da pós - graduação, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. Antônio Clementino dos Santos do Campus Universitário de Araguaína/ Universidade Federal do Tocantins, Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis do Campus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, Dr. Leonardo Bernardes Taverny de Oliveira do Campus Universitário de Araguaína/ Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de Amanda da Silva Reis, intitulada " *Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes sistemas de manejo em áreas de ecótono cerrado - Amazônia* ". Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-a ao título de Mestre em Produção Vegetal.

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis  
Primeiro examinador

  
Dr. Leonardo Bernardes Taverny de Oliveira  
Segundo examinador

  
Dr. Antônio Clementino dos Santos  
Universidade Federal do Tocantins  
Orientador e presidente da banca examinadora

Gurupi, 13 de março de 2018

  
Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis  
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal

Deus, senhor da minha vida, meu auxílio e fortaleza, que me conduziu até aqui. Aos meus irmãos que são meus maiores apoiadores, ao meu Pai, meu provedor e protetor, e em especial à minha mãe, rainha do meu lar e da minha vida. Aos meus amigos, colegas e demais pessoas que torceram e me apoiaram nessa conquista. Dedico a vocês que amo tanto.

“Dai graças ao Senhor, porque ele é bom e sua benignidade dura para sempre”. Salmo 136: 1.

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

Ao Senhor de minha vida que rege todas as coisas, ao meu DEUS, que me trouxe até aqui, me tornou capaz, me guia, protegeu em todos os meus caminhos, e tornou tudo isso possível.

A minha família, bem mais precioso que possuo, em especial ao meu amado PAPAI e minha amada MAMÃE, que são meu incentivo, apoio e consolo, sempre fizeram mais que o possível para que eu pudesse alcançar meus objetivos e realizar meus sonhos.

Aos meus amigos Guilherme Octávio, Rubson Leite, José Lucas, Samea Cabral, Tatiane Cruz, Márcio Odilon, Wilma Dias, Luan Fernandes, Edelson que tanto fizeram por mim, me ajudando no experimento, me ensinando coisas novas a cada dia, me acolhendo durante o período que estive em Araguaína.

Aos técnicos Klezion Pedro, Lucas e Tiago Barbalho que me ajudaram no período de análises e coletas, por me fazerem sorrir, mesmo naqueles momentos em que a preocupação reinava em mim.

A minha cara ajudante Judith Maria, que me ajudou tanto em campo, quanto em laboratório, me alegrou, me estressou, e se tornou meus dias mais alegres, obrigada minha amiga.

Ao caríssimo Pós-Doc. Leonardo Oliveira, que na reta final esteve comigo me ajudando e me fornecendo o conhecimento necessário para que eu pudesse concluir este estudo.

A minha colega Nayara Alencar, que sempre me ouviu, aconselhou, e ensinou tantas coisas, por ter me ajudado tanto, não somente enquanto estive aí, mas também a distância, pela paciência e dedicação, pela firmeza com que sempre me tratou, mostrando que nesse caminho que escolhi seguir as coisas nem sempre serão fáceis, porém, são possíveis, basta que eu queira e trabalhe para isso, obrigada cara amiga.

Ao meu Orientador Doutor Clementino, que tanto fez por mim, por ter me aceito desde o início, pelo apoio, cuidado e atenção dado a mim, pela paciência para comigo, por me acolher tão bem nessa minha curta estadia em Araguaína.

Ao coordenador da pós-graduação em Produção Vegetal, Rodrigo Fidélis, que sempre foi gentil e atencioso desde a minha chegada na Pós, por ter acreditado em mim e me acolhido, pelas palavras de incentivo e por toda atenção a mim dispensada.

Aos meus amigos e colegas de Gurupi, enfim, a todos aqueles que me ajudaram, apoiaram e estiveram comigo nesta caminhada.

Ao programa de pós-graduação em Produção Vegetal pela oportunidade de poder me tornar mestre em Produção Vegetal.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

A todos o meu muito obrigada!

## RESUMO GERAL

Os indicadores de qualidade do solo são propriedades mensuráveis (quantitativas ou qualitativas) que vão permitir caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas em dado ecossistema. Esses indicadores podem ser físicos, químicos biológicos e servem para quantificar as alterações ocorridas no solo. O presente estudo parte da hipótese que existe diferença entre sistemas de manejo adotados em diferentes tipos de solos. Foram avaliadas dez áreas, cada uma compreende um sistema de manejo, que estão divididas em duas classes de solo (Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico) com cinco sistemas de manejo (1- silvipastoril com 30% de sombreamento; 2- silvipastoril com 60% de sombreamento, 3- capoeira; 4- mata nativa secundária; 5- pastagem com manejo convencional). O estudo foi realizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Araguaína-TO. Para avaliar os atributos químicos foi realizada a amostragem da área coletas foram realizadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Os atributos analisados foram pH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H + Al<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva, CTC a pH 7, saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%). Os dados foram submetidos a análise de componentes principais e posteriormente a análise de variância e teste de Tukey (p< 0,05) para comparação de médias. Constatou-se que houveram pequenas mudanças nos atributos analisados dentro dos sistemas de manejo no Neossolo, no entanto o sistema Silvipastoril com 30% de sombreamento mostrou-se mais adequado, uma vez que elevou os valores de pH, e cátions essenciais do solo; enquanto que no Argissolo os sistemas silvipastoril com 60% de sombreamento e pastagem convencional apresentaram maiores médias nos atributos analisados, os colocando como os melhores sistemas estudados. Para analisar os atributos físicos do solo foram coletadas dez amostras de solo indeformadas para quantificar a densidade do solo e porosidade total. Para determinação da textura e matéria orgânica (MO), foi realizada amostragem em duas profundidades 0-10 e 10-20 cm. Na determinação do estoque de carbono (EC) utilizou-se os valores do MO e DA para estimar os valores de EC. Os dados de textura, MO e EC foram submetidos a análise estatística e teste de comparação múltiplas de médias, Tukey (p< 0,05), os dados referentes à densidade do solo e porosidade total. No Neossolo Quartzarênico os diferentes sistemas de manejo não alteraram os atributos físicos avaliados, quando comparado a área de referência, porém, a área 1 apresentou melhor incremento no EC e MO, o que pode torna-lo mais eficiente para esse tipo de solo. No Argissolo Vermelho o sistema 2 teve um maior incremento EC e, portanto, MO, proporcionou melhoria nos atributos analisados.

**Palavras-chave:** Argissolo Vermelho. Neossolo Quartzarênico. Silvipastoril. Pastagem.

## ABSTRACT GERAL

Soil quality indicators are measurable (quantitative or qualitative) properties that will allow you to characterize, evaluate and monitor the changes that have occurred in the given ecosystem. These indicators can be physical, biological chemists and are used to quantify the soil changes. This study is part of the hypothesis that there is a difference between management systems adopted in different types of soils. Ten areas were evaluated, each comprising a management system, which are divided into two soil classes (Ultisol and Entisol Quartzipsamment) with five management systems (1-silvipastoril with 30% shading; 2-silvipastoril with 60% of shading, 3-capoeira; 4-native secondary Mata; 5-pasture with conventional handling). The study was carried out at the School of Veterinary Medicine and Animal Science (EMVZ) of the Federal University of Tocantins (UFT), Araguaína-to. To evaluate the chemical attributes was performed sampling the area collections were carried out at the depths of 0-10, 10-20 and 20-40 cm. The analyzed attributes were PH, P, K +, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H + Al<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Sum of bases (SB), cationic exchange Capacity (CTC) Effective, CTC at PH 7, base saturation (V%), aluminium saturation (m%). The data were subjected to analysis of main components and subsequently analysis of variance and test of Tukey (p < 0.05) for comparison of averages. It was found that there were small changes in the attributes analyzed within the management systems in the Neossolo, however the Silvipastoril system with 30% shading proved to be more appropriate, since it elevated the PH values, and essential cations of the soil; While in upper the silvipastoril systems with 60% shading and conventional pasture showed higher averages in the analyzed attributes, placing them as the best studied systems. Pana analyze the physical attributes of soil were collected ten undeformed soil samples to quantify soil density and total porosity. For the determination of the texture and organic matter (MO), sampling was carried out at two depths 0-10 and 10-20 cm. In the determination of the carbon Stock (EC) The values of the Mo and of the value were used to estimate the EC values. The texture data, MO and EC were subjected to statistical analysis and multiple comparison test of averages, Tukey (p < 0.05), data pertaining to soil density and total porosity. In the Neossolo Quartzarênico the different management systems did not change the physical attributes evaluated, when compared to the reference area, however, area 1 presented a better increase in the EC and MO, which can make it more efficient for this type of soil. In the red upper System 2 had a higher EC increment and therefore MO, provided improvement in the analyzed attributes.

**Keyword:** Ultisol. Entisol quartzipsamment. Silvipasture. Pasture.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>1   CAPÍTULO 1: INFLUÊNCIA DOS DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE BIOMA CERRADO</b>	
RESUMO .....	14
ABSTRACT .....	15
INTRODUÇÃO .....	16
MATERIAL E MÉTODOS .....	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
CONCLUSÃO .....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34
<b>2   CAPÍTULO 2: IMPACTOS DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO ESTOQUE DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO</b>	
RESUMO .....	37
ABSTRACT .....	38
INTRODUÇÃO .....	39
MATERIAL E MÉTODOS .....	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45
CONCLUSÃO .....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1.....	14
Tabela 1: Médias de ph (cacl <sub>2</sub> ), acidez potencial (h <sup>+</sup> +al <sup>3+</sup> ), saturação de alumínio (m%), fósforo (p), potássio (k <sup>+</sup> ) cálcio (ca <sup>2+</sup> ), magnésio (mg <sup>2+</sup> ), capacidade de troca catiônica (ctc), saturação de bases (v%) do Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico, na camada de 0-10 cm de profundidade nos diferentes sistemas analisados.....	25
Tabela 2: Médias de ph (cacl <sub>2</sub> ), fósforo (mg dm <sup>3</sup> ), potássio (k <sup>+</sup> ), cálcio (ca <sup>2+</sup> ), magnésio (mg <sup>2+</sup> ), ctc (t), saturação de bases (v %) e saturação de alumínio (m%) do Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico, na camada de 10-20 cm de profundidade nos diferentes sistemas analisados.....	28
Tabela 3: Médias de ph (cacl <sub>2</sub> ), alumínio (al <sup>3+</sup> ), cálcio (ca <sup>2+</sup> ), magnésio (mg <sup>2+</sup> ), potássio (k <sup>+</sup> ), ctc (t), de bases (v %) e saturação de alumínio (m%) do Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico, na camada de 20-40 cm de profundidade, nos diferentes sistemas manejo.....	30
CAPÍTULO 2.....	37
Tabela 1: Granulometria, matéria orgânica e estoque de carbono do Argissolo e Neossolo, na camada de 0-10 cm de profundidade nos diferentes sistemas avaliados.....	45
Tabela 2 : Densidade aparente, e porosidade total dos sistemas de manejo estudados, na profundidade de 0-10 cm.....	<a href="#">48</a>
Tabela 3: Granulometria e matéria orgânica do Argissolo e Neossolo, na camada de 10-20 cm de profundidade nos diferentes sistemas analisados.....	51

## LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1.....	14
Figura 1: Localização da área .....	18
Figura 2: círculo das correlações do plano formado pelos componentes principais 1 e 2 dos atributos químicos do solo na profundidade 0-10 (a), profundidade de 10-20 (b), profundidade de 20-40(c).....	22
CAPÍTULO 2 .....	37
Figura 1: Localização da área .....	41

## INTRODUÇÃO GERAL

A qualidade do solo é um conceito desenvolvido para caracterizar o uso e a saúde do solo. Solo que é parte fundamental quando se deseja produzir, seja em ecossistemas naturais ou já modificados antropicamente. Cada dia mais tem crescido a preocupação da comunidade agrária e científica, com relação sustentabilidade no uso do solo, baseado no fato de que a qualidade do solo está em constante declínio (ARAÚJO et al., 2012).

O conceito degradação do solo vem como forma de classificar o declínio na qualidade do mesmo, é um conceito amplo, no entanto, diz respeito a baixa na produtividade em consequência às mudanças adversas que ocorrem em seus atributos físicos, químicos e biológicos, que se referem a capacidade atual ou potencial do solo em produzir bens ou serviços (ARAÚJO et al., 2012).

Assim, pode-se definir a qualidade do solo como um grau de aptidão que o mesmo apresenta, para um fim específico, ou seja, essa qualidade vai depender da extensão na qual o solo funcionará para o benefício humano (GREGORICH et al., 1997).

Os indicadores de qualidade do solo são propriedades mensuráveis (quantitativas ou qualitativas) do solo ou da planta acerca de processo ou atividade e que vão permitir caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas em dado ecossistema (KARLEN et al., 1997). A escolha dos indicadores depende da finalidade a que se propõe a utilização de determinado solo. Além disso, a seleção de propriedade específica como indicador de qualidade do solo pode ser trabalhoso e variar de acordo com as características intrínsecas de cada ambiente.

Esses indicadores podem ser físicos, químicos biológicos e servem para quantificar as alterações ocorridas no solo, que podem modificar diretamente sua estrutura, atividade biológica e, conseqüentemente, sua fertilidade, com reflexos nos agroecossistemas, além de promover prejuízos à sua qualidade e à produtividade das culturas (CARNEIRO et al., 2009). Sendo assim, a compreensão e a quantificação do impacto do uso e manejo do solo na sua qualidade são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (BAVOSO et al., 2010).

As pesquisas que visam avaliar essas alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, tem como referência o solo sem interferência antrópica ou sob condições naturais, aumentou consideravelmente nos últimos anos (MARINARI et al., 2006 ; LIMA et al., 2007).

No Brasil, a degradação dos solos e baixos índices de rendimento nas áreas de pastejo, merecem atenção especial, pois com a crescente demanda mundial por alimentos é notável grande aumento das atividades antrópicas em ambientes naturais o que, por sua vez, intensifica e agrava problemas de ordem ambiental (MONTANARI, 2013).

Estudos publicados nos últimos anos apresentam estimativa dessas áreas nas diferentes regiões brasileiras. Informações compiladas por Dias-Filho (2011), indicam que entre 50 e 70% das áreas de pastagens no Brasil que apresentam algum grau de degradação. No bioma cerrado existem 32 milhões de hectares em que a qualidade do pasto está abaixo do esperado, que compromete a produtividade e gera prejuízos econômicos e ambientais (EMBRAPA, 2014).

As práticas de manejos inadequadas nas áreas de pastagem, exercem efeitos não somente sobre a produtividade da mesma, mas também levam a degradação do solo, e criam limitações seja pela compactação, erosão ou perda de fertilidade (CAVALLINI et al., 2010). Além disso, a carência de novas áreas para exploração agropecuária, e estratégias como aumento da produtividade e a recuperação de áreas degradadas são importantes no campo de pesquisas (CARVALHO, 2015).

Os sistemas agroflorestais (SAF's) podem ser alternativa para promover a sustentabilidade do sistema de produção agropecuária, busca minimizar o efeito da intervenção humana nos sistemas naturais. A consorciação de várias espécies dentro de uma área aumenta a diversidade do ecossistema, em que as interações inter-relacionais e intrarelacionais são aproveitadas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções (FEIDEN, 2009).

Os sistemas Silvistoris são uma categoria de SAF, são uma alternativa ao manejo convencional, caracterizados principalmente pela combinação de espécies florestais com cultivos agrícolas e/ou atividades pecuárias (LIMA et al., 2010). Diminuem os impactos ambientais inerentes a ação antrópica no solo, pois favorecem a restauração ecológica de áreas degradadas, além de diversificar a produção agrícola, e gerar assim, lucros e produtos adicionais, reduz ainda a dependência de insumos externos e aumenta a utilização sustentável dos solos (PEZARICO et al., 2013).

A modificação do microclima pelas árvores é um dos muitos benefícios obtidos através dessa integração de sistemas agrícolas e florestais, pois a presença das árvores reduz a radiação solar e a relação de espectro de luz (vermelho: vermelho distante), diminui a temperatura e aumenta a umidade do ar, promove redução da taxa de evapotranspiração e preserva a umidade do solo (BERNARDINO e GARCIA 2009). Com isso, as condições ambientais no solo e na interface solo/serapilheira contribuem para o aumento da atividade microbológica, e como consequência o aumento da taxa de mineralização dos nutrientes.

Práticas inadequadas de manejo do solo provocam alterações nos atributos físicos, químicos e também biológicos, que pode resultar na perda de qualidade, afeta a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade desenvolvida (NIERO et al., 2010). Essa perda de qualidade do solo, que é o componente essencial ao funcionamento de todo o sistema de produção, pode ainda, ser vinculada as pastagens em processo de degradação ambiental e com baixos níveis de produção (BERNARDINO e GARCIA, 2009).

Por outro lado, quando a qualidade dos atributos do solo encontra-se em boas condições, acaba por propiciar condições adequadas e necessárias para o crescimento e desenvolvimento das plantas e a manutenção da diversidade de microrganismos que residem no solo (DA SILVA et al., 2015).

As mudanças na qualidade do solo e a sustentabilidade de diferentes agroecossistemas vêm sendo acompanhada e estudada, utilizando-se comparações por meio de atributos físicos, químicos e biológicos com uma condição de equilíbrio, como é o caso de áreas de vegetação nativa. A mudança da vegetação natural para sistema de exploração agropecuária provoca alterações profundas nos atributos do solo (LOURENTE et al., 2011), isso acaba por comprometer a sustentabilidade do sistema e conseqüentemente sua contínua capacidade de produzir alimentos e fibras.

Entender os efeitos resultantes da componente árvore no sistema silvipastoril sobre as características químicas e físicas do solo, se faz fundamental para poder determinar a eficiência desses sistemas, mediante a comparação com outros sistemas e/ou com área de vegetação natural.

O presente estudo parte da hipótese que existe diferença entre sistemas de manejo adotados em diferentes tipos de solos. Assim, a pesquisa propõe verificar os atributos físicos e químicos de dois solos em diferentes sistemas afim de identificar o efeito do uso do solo sobre esses atributos.

## CAPÍTULO 1

### INFLUÊNCIA DOS DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA DE BIOMA CERRADO.

#### RESUMO

As práticas inadequadas de manejo do solo provocam alterações nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. O objetivo foi caracterizar quimicamente o solo em sistemas de manejo, e identificar a eficiência dos mesmos. Foram avaliadas dez áreas, cada uma compreende um sistema de manejo, que estão divididas em duas classes de solo (Argissolo Vermelho Eutrófico e Neossolo Quartzarênico Órtico) com cinco sistemas de manejo (1-silvipastoril com 30% de sombreamento; 2- silvipastoril com 60% de sombreamento, 3- capoeira; 4- mata nativa secundária; 5- pastagem com manejo convencional). As coletas foram realizadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Os atributos químicos do solo analisados foram pH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H + Al<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva, CTC a pH 7, saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%). Os dados foram submetidos a análise de componentes principais e posteriormente a análise de variância e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para comparação de médias. Constatou-se que houveram pequenas mudanças nos atributos analisados dentro dos sistemas de manejo no Neossolo, quando compara-se os sistemas analisados com o sistema de referência, no entanto o sistema Silvopastoril com 30% de sombreamento mostrou-se mais adequado, uma vez que elevou os valores de pH, e cátions essenciais do solo; enquanto que no Argissolo os sistemas silvipastoril com 60% de sombreamento e pastagem convencional apresentaram maiores médias nos atributos analisados, os colocando como os melhores sistemas estudados.

**Palavras-chave:** Análise de componentes principais. Silvopastoril. Neossolo Quartzarênico. Eficiência de manejo.

## ABSTRACT

Inadequate soil management practices cause changes in the physical, chemical and biological attributes of the soil. The objective was to chemically characterize the soil in management systems, and to identify their efficiency. Ten areas were evaluated, each comprising a management system, which are divided into two soil classes (Ultisol and Entisol Quartzipsamment) with five management systems (1-silvipastoril with 30% shading; 2-Silvipastoril with 60% shading, 3-capoeira; 4-native secondary Mata; 5-pasture with conventional handling). The collections were carried out at the depths of 0-10, 10-20 and 20-40 cm. The chemical attributes of the soil analyzed were PH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Sum of bases (SB), effective cationic exchange Capacity (CTC), CTC to PH 7, base saturation (V%), saturation by aluminium (m%). The data were subjected to analysis of main components and subsequently analysis of variance and test of Tukey (P < 0.05) for comparison of averages. It was found that there were small changes in the attributes analyzed within the management systems in the Entisol, when comparing the systems analyzed with the reference system, however the Silvipastoril system with 30% shading proved to be more appropriate, since it elevated the PH values, and essential cations of the soil; while in Ultisol the silvipastoril systems with 60% shading and conventional pasture showed higher averages in the analyzed attributes, placing them as the best studied systems.

**Keyword:** Principal components analysis. Silvipasture. Entisol quartzipsamment. Efficient management.

## INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado ocupa 24,4% do território brasileiro. Seu desmatamento iniciou-se, principalmente, com o processo de expansão da produção agrícola a partir da década de 70. Na maioria das áreas, os solos foram primeiramente manejados com pastagem e, posteriormente, com culturas anuais (FRAZÃO et al., 2010).

As áreas de pastagem inseridas neste bioma, em geral, são manejadas de forma inadequada o que pode resultar na degradação da pastagem, e posteriormente a do solo. Esse efeito sobre as pastagens implica na diminuição de sua capacidade produtiva através do uso intensivo e indiscriminado, que leva a mudanças adversas nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (ROCHA JUNIOR, SILVA, GUIMARÃES, 2013).

Para retardar o processo de degradação do solo ou recuperar o que já está degradado, cada vez mais tem-se buscado sistemas de uso e manejo, que venham integrar culturas anuais, florestais e animais (BONO, MACEDO, TORMENA, 2013).

Alternativas para recuperação e reintrodução destas áreas ao processo produtivo incluem atividades de reabertura, correção e adubação do solo e/ou atividades agroflorestais. Pois, embora a fertilização, correção e demais tratamentos culturais possam satisfazer os interesses econômicos a curto prazo, a manutenção da biodiversidade pode ser negligenciada (SANTOS, 2014).

Logo, o aumento da biodiversidade e sustentabilidade de ecossistemas de pastagens pode ser conseguido por meio da introdução ou manutenção de árvores, de modo a compor sistemas agroflorestais que podem ser alternativas para reincorporação de áreas ao sistema produtivo (DE OLIVEIRA GODINHO et al., 2014).

A sustentabilidade das agroflorestas é função das interações do fluxo de energia, da ciclagem de nutrientes e biodiversidade do sistema (Rodrigues, 2004). Na avaliação da sustentabilidade, o monitoramento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo é fundamental (DORAN e PARKIN, 1994).

Nos sistemas silvipastoris o acúmulo e a decomposição de serapilheira são influenciados pelo sistema de manejo, mesmo assim estes eventos podem ocorrer com maior intensidade que aqueles existentes em pastagem sob monocultivo e até mesmo em floresta nativa, considerando-se a produção do bosque e do sub-bosque. Alguns estudos têm observado que a ciclagem de cátions bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}$ ), N e P sob sistemas integrados é superior (41, 116, 64, 21, 19 e 55%, respectivamente) a sistemas de pastagem sob monocultivo (WALL, 2006; BAHAMOND et al., 2012).

A dinâmica de acúmulo, decomposição e liberação de nutrientes fica condicionada ao modelo de sistema silvipastoril adotado, como nível de sombreamento, número e tipo de árvores (BENAVIDES et al., 2009), espécie forrageira, presença de animais e fatores químicos, físicos e biológicos (MANCILLA-LEYTÓN, SÁNCHEZ-LINEIROS, VICENTE, 2013) da própria serapilheira e do ambiente.

Considerando que em geral os solos tropicais possuem baixa fertilidade, a matéria orgânica, a partir da liberação de seus nutrientes, proporciona significativa contribuição como fonte de energia para os organismos e plantas (CORDEIRO et al, 2010). O conteúdo orgânico do solo pode melhorar a estabilidade dos agregados e ter relevância nos atributos químicos em solos tropicais.

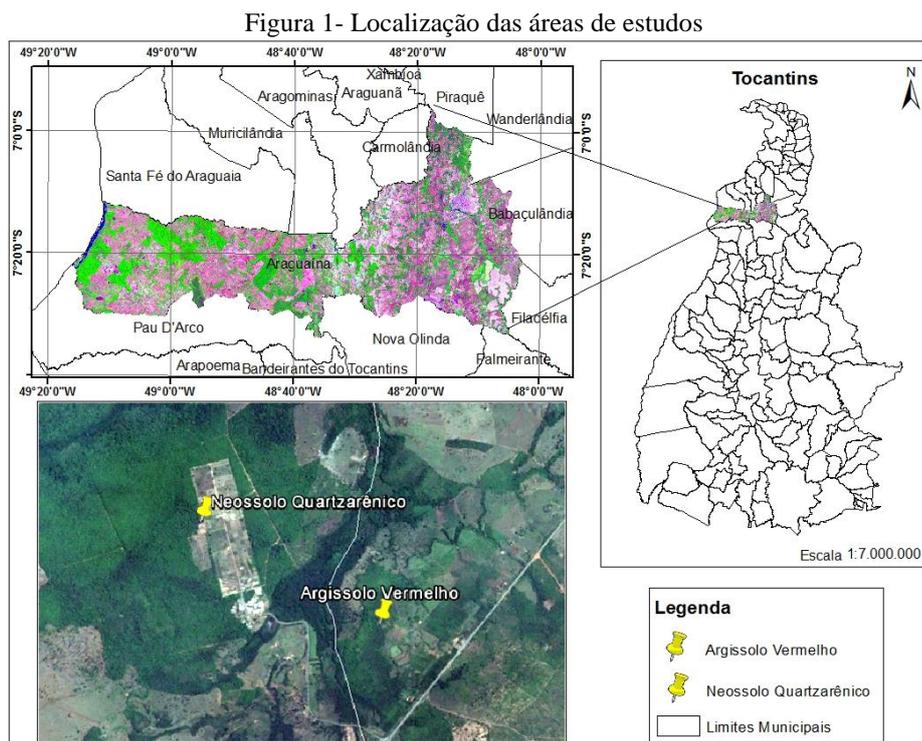
Dessa forma, este estudo teve como objetivo definir a qualidade química do solo em diferentes sistemas de manejo, de modo a identificar a eficiência desses sistemas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização

O estudo foi realizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Araguaína, no norte do estado do Tocantins. A região possui clima classificado com AW (quente e úmido), com estações bem definidas, precipitação anual média de 1700 mm e temperatura média de 26°C.

Foi desenvolvido em duas diferentes classes de solos, classificados de acordo com o SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - EMBRAPA, 2016), o primeiro solo foi classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico, coordenadas UTM: zona 22, N 810489.34, E 9213706.86, e o segundo classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico, coordenadas UTM: zona 22, N 808635.00, E 9214729.00.



### Áreas de estudo

Cada área de estudo compreende um sistema de manejo, ao todo se tem 10 áreas, que estão divididas sobre as duas classes de solo.

No Neossolo Quartzarênico foram avaliados cinco sistemas de manejo. Dois deles são áreas de silvipastoril, originárias da associação de capim Mombaça (*Megathyrsus maximum* cv Mombaça) e vegetação nativa raleada (Fava de bolota- *Parkia Platycephala*, Pimenta de macaco- *Xylopia Aromática*, Jatobá do cerrado – *Hymenea Stignocarpa*, Embaúba- *Cecropia Pachytachya*), ambas as áreas foram manejadas a primeira vez em outubro de 2009, em que, com auxílio de um luxímetro foi realizado o raleamento da vegetação nativa, de forma que a primeira área de silvipastoril, ficou com 30 % de sombreamento e a segunda com 60 % de sombreamento.

As três últimas áreas são: uma pastagem abandonada (capoeira) por volta de 5 cinco anos sem tratos culturais, uma área de mata nativa (secundária) e uma pastagem de capim Mombaça com sistema de manejo convencional, que é utilizada desde 2008 com tratos culturais como calagem e adubações frequentes.

No Argissolo Vermelho foram utilizadas cinco área de estudo, as duas primeiras são sistemas silvipastoris, que foram estabelecidas em ambiente de floresta secundária de Babaçu (*Attalea speciosa*) em consórcio com capim Mombaça, em novembro de 2011, através do raleamento da vegetação original, com o auxílio de um luxímetro, para determinar o nível de sombreamento, que na área 1 é de 30%, e na área 2 de 60% que foi manejada quanto a calagem, em 2011, com 1 tonelada ha<sup>-1</sup> de calcário do tipo dolomítico. A terceira área, uma pastagem abandonada, em estado de degradação agrícola, sem nenhum trato cultural.

A Penúltima é uma área de mata nativa secundária, com predominância de Babaçu e a última, uma área de pastagem com manejo convencional utilizada desde 2011, oriunda de área de capoeira que foi roçada, devidamente tratada com herbicida, corrigida e adubada, logo depois teve a pastagem implantada. As três primeiras áreas foram manejadas no ano de 2011, com calcário dolomítico (1 t ha<sup>-1</sup>), 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Fonte Super Fosfato Simples) e 120 kg de K<sub>2</sub>O (Fonte KCl) distribuídos na área total em uma única aplicação

### **Coleta de dados e análises químicas**

Foi realizada a amostragem do solo em cada sistema de manejo, onde foram coletadas 8 amostras compostas por 8 subamostras cada, as profundidades das coletas são 0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. Após a coleta as amostras foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Solos da EMVZ-UFT, para posterior caracterização química.

Após a amostragem do solo em campo, amostras foram colocadas para secar a sombra, quando secas foram destorroadas e passadas na peneira de 2 mm, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), para posteriormente realizar as análises químicas, seguindo as orientações do Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes da EMBRAPA (SILVA, 2009).

Foram determinados para todas as amostras valores de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) com leitura em pHmetro de bancada, Fósforo Disponível (P), Potássio Trocável (K), extraídos na solução de Mehlich 1, e leitura em Spectrofotômetro e Fotômetro de Chama respectivamente, Cálcio, Magnésio e Alumínio trocável extraídos em solução de KCL  $1 \text{ mol L}^{-1}$ , Acidez potencial (H+Al) extraídos em solução de acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  pH 7,1-7,2 e mesurados através de titulação. Com todos os valores obtidos foram determinados a Soma de bases (S), Saturação de base (V%), Saturação de Alumínio (m%), CTC efetiva (T) e CTC a pH 7 (t).

### **Estatística**

A análise estatística dos dados decorreu em duas etapas, inicialmente os dados foram submetidos a análise multivariada de componentes principais (PCA) utilizando o programa STATISTICA 10.0, com o intuito de estabelecer quais atributos analisados tinha maior contribuição ao componente e, portanto, simplificar a estrutura do conjunto de variáveis analisadas. Na confecção dos gráficos da PCA, a matriz de transformação dos dados utilizada foi a de correlação, uma vez que os dados utilizados não se encontram na mesma unidade de medida, e em diferentes escalas.

E por fim, a partir dos componentes principais formados na PCA, foram identificados os atributos mais relevantes no diagnóstico do efeito do uso sob os atributos do solo (SILVA NETO, 2012) e estes, foram submetidos a análise de variância e teste Tukey para a comparação de médias, com probabilidade de 0,05, utilizando o software ASSISTAT (SILVA, 2016).

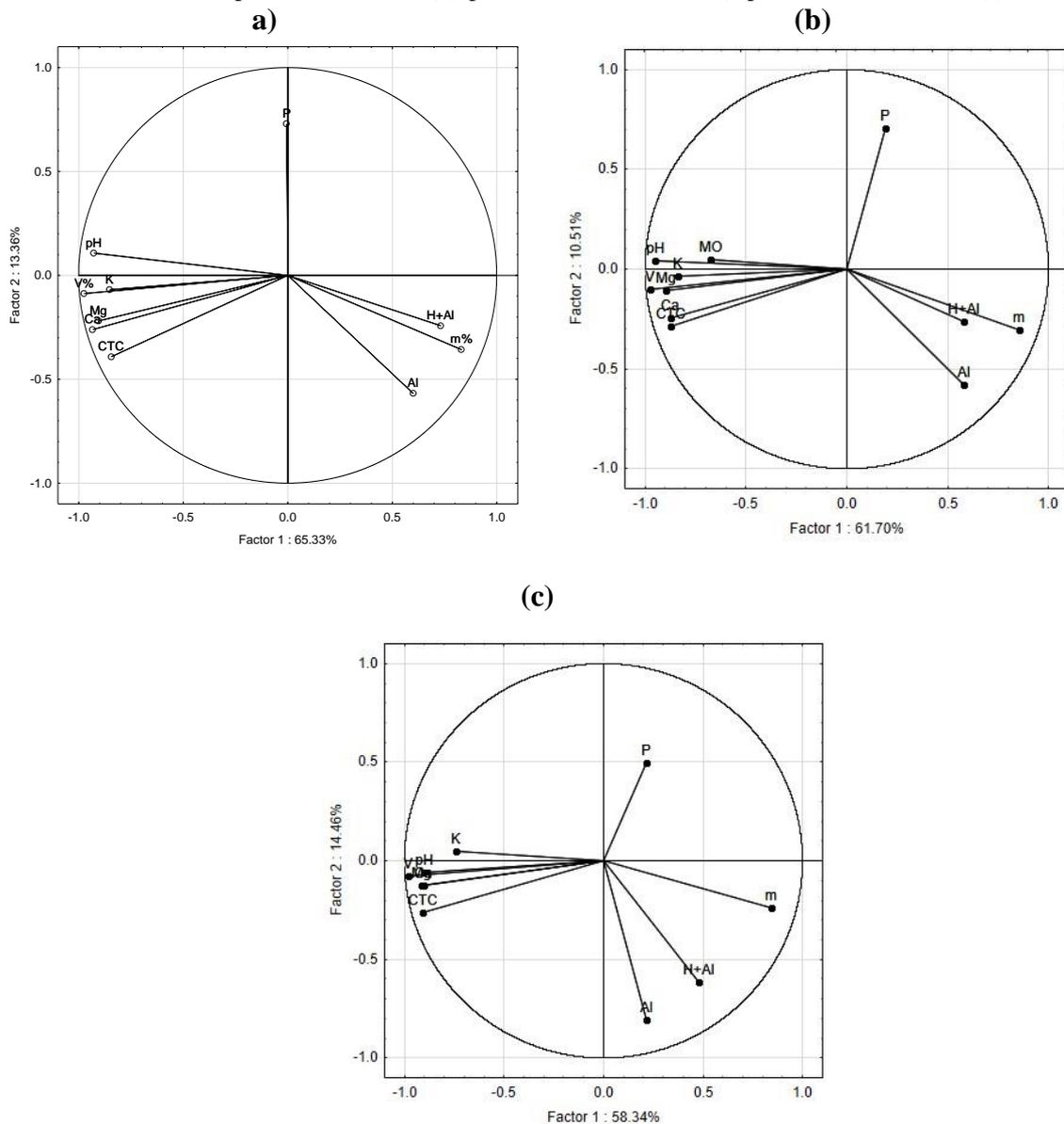
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise de componentes principais, foi possível obter a representação gráfica e autovalores das variáveis nos componentes principais, sintetizando assim as características e variações mais influentes dos atributos do solo, nas áreas estudadas.

Os componentes principais apresentam propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados (JOHNSON, WICHERN, 1998; HONGYU, 2015).

A primeira componente principal é a mais importante, pois corresponde à direção de maior variância no espaço multivariado ( DA SILVA LYRA et al, 2010). Tal afirmação pôde ser confirmada nos círculos de correlações (Figura 2(a), (b), (c)) onde os dados dimensionados e reorganizados pela PCA, demonstraram que o componente 1 foi responsável por 63,56, 61,70, e 58,34% da variação no primeiro componente, nas profundidades de 0-10, 10-20, e 20-40, respectivamente.

Figura 2- Círculo das correlações do plano formado pelos componentes principais 1 e 2 dos atributos químicos do solo na profundidade 0-10 (a), profundidade de 10-20 (b), profundidade de 20-40(c).



Fonte- Própria autora.

O componente 2 representou apenas 11,48, 10,51, e 14,46%, da variação, respectivamente, juntos os dois fatores compreendem mais que 70% da variação dos dados em cada profundidade analisada, logo não se faz necessário adicionar nenhum fator adicional, pois ao se alcançar essa percentagem, garante-se a representatividade da variação total dos dados (RENCHER, 2002).

Quanto mais próximo à borda do círculo as variáveis estiverem, maior será sua contribuição na formação daquele fator, variáveis altamente correlacionadas tendem a ficar próximas e na mesma direção (OLIVEIRA, 2015).

Qualquer componente principal não vai causar uma resposta correlacionada em termos de outros componentes principais, isto é, eles são ortogonais (SAVEGNAGO et. al., 2011; FRAGA et al., 2015).

Cada componente principal sintetiza a máxima proporção de variância contida nos dados (HONGYU, 2015), de modo que, as variáveis que formaram o componente com maior representatividade nos primeiros componentes, foram V%, pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, CTC.

Na profundidade de 0-10, todos os atributos citados anteriormente tiveram contribuição significativa na formação do primeiro componente e se correlacionaram positivamente entre si, e negativamente com Al<sup>3+</sup> e m%, que também contribuíram no fator.

No círculo das correlações das profundidades 10-20 e 20-40, apenas os atributos pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, CTC, V % se correlacionam positivamente e negativamente com m% que também contribui no primeiro componente.

A correlação positiva do V% (saturação de bases) com ambos as variáveis, é facilmente compreendida, pois o valor V% é a percentagem de pontos de troca de cátions que estão ocupados por bases. Ela pode ainda, ser vista como uma resposta relacionada à acidez do solo.

As variáveis Al<sup>3+</sup>, m%, são negativamente relacionada com as outras, indicando que o efeito do fator de variação sobre elas proporciona a diminuição de seus valores, enquanto os valores das demais aumentam (GUEDES et al., 2006). Já a correlação positiva entre os atributos Al<sup>3+</sup> e m% é esperada, uma vez que, o m% expressa a quantidade da CTC efetiva que está ocupada pelo Al<sup>3+</sup> trocável.

O segundo componente representou apenas 11,48, 10,51 e 14,46% da variação total dos dados, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 respectivamente, em que P foi atributo que apresentou contribuição considerável para a formação deste fator nas profundidades de 0-10 e 10-20, o que já era esperado, pois o solo foi manejado com adubação fosfatada no ano de 2014, em que foram aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, distribuídos em uma única aplicação no sistema silvipastoril de 30% no Argissolo, e 50 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na área de pastagem do Neossolo, enquanto na profundidade de 20-40, Al<sup>3+</sup> foi o único a ter contribuição significativa na formação do componente.

A partir desse novo conjunto de variáveis criados pela PCA, as variáveis pH, acidez potencial, saturação de alumínio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, capacidade de troca catiônica, e saturação de bases tiveram contribuição significativa nos componentes formados para profundidade de 0-10 cm que são apresentados na tabela 1.

Entre os dois solos analisados houve diferenciação quanto ao teor de pH, H+Al<sup>3+</sup>, já a variável P não apresentou diferença significativa (p>0,01) entre os dois solos analisados em

dois dos sistemas de manejo. O que já era esperado, uma vez que os sistemas em questão (3-capoeira, 4-mata nativa) não possuem histórico de manejo de adubação na área e, portanto, apresentaram valores médios estatisticamente iguais.

As variáveis que se referem à acidez do solo (pH,  $H+Al^{3+}$  e m%) apresentaram diferença estatística entre os dois solos analisados. Entre os sistemas de manejo, somente os sistemas 1, 2 e 5 no Argissolo Vermelho, apresentaram valores médios (5,47, 5,92, 5,77, respectivamente) de pH acima de 5, os demais sistemas apresentaram valores médios que indicam acidez alta do solo (TOMÉ JÚNIOR, 1997).

Tabela 1: Médias de pH (CaCl<sub>2</sub>), Fósforo (P), Potássio (K<sup>+</sup>) Cálcio (Ca<sup>2+</sup>), Magnésio (Mg<sup>2+</sup>), Acidez potencial (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>), Saturação de alumínio (m%), saturação de bases (V%), Capacidade de troca catiônica (CTC), do Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico, na camada de 0-10 cm de profundidade nos diferentes sistemas analisados.

Solo	Manejo <sup>(1)</sup>					Média	CV %
	1	2	3	4	5		
<b>pH (CaCl<sub>2</sub>)</b>							
Argissolo	5,47 aB	5,92 aA	4,95 aC	4,49aD	5,77aA	5.32	3,69
Neossolo	3,58 bBC	3,41bCD	3,88 bA	3,23 bD	3,80 bAB	3.58	
Média	4,53	4,66	4.42	3,86	4,78		
<b>H+Al<sup>3+</sup> (cmolc dm<sup>3</sup>)</b>							
Argissolo	1,69 bB	1,93 bB	2,19 aAB	2,98 bA	2,51 bAB	2.26	19,4
Neossolo	4,34 aB	6,12 aA	1,89 aC	4,71 aB	4,36 aB	4.28	
Média	3,02	4,03	2,04	3,85	3,44		
<b>P (mg dm<sup>3</sup>)</b>							
Argissolo	3,22 aA	3,29 aA	2,52 aB	2,57 aB	2,64 bB	2,85	13,36
Neossolo	2,72 bB	2,74 bB	2,73 aB	2,61 aB	3,51aA	2,86	
Média	2,97	3,02	2,63	2,59	3,08		
<b>K (cmolc dm<sup>3</sup>)</b>							
Argissolo	0,048 aBC	0,058 aAB	0,036 aC	0,048 aBC	0,0766aA	0,053	47,62
Neossolo	0,001 bA	0,001 bA	0,003 bA	0,003 bA	0,004 bA	0,002	
Média	0,025	0,03	0,02	0,03	0,04		
<b>Ca<sup>2+</sup> (cmolc dm<sup>3</sup>)</b>							
Argissolo	6,67 aCD	5,62 aD	9,54 aA	7,24 aBC	8,17 aB	7,45	24,72
Neossolo	0,21 bA	0,17 bA	0,082 bA	0,04 bA	0,22 bA	0,14	
Média	3,44	2,89	4,81	3,64	4,2		
<b>Mg<sup>2+</sup> (cmolc dm<sup>3</sup>)</b>							
Argissolo	2,70 aB	2,315 aB	2,89 aB	2,21 aB	4,61 aA	2,94	42,1
Neossolo	0,25 bA	0,22 bA	0,23bA	0,06 bA	0,25bA	0,2	
Média	1,48	1,27	1,56	1,14	2,43		
<b>V %</b>							
Argissolo	84,74	79,07	86,85	75,18	83,63	81,90 a	11,12
Neossolo	10,17	6,13	15,85	2,27	9,86	8,86 b	
Média	47,46 ab	42,60 bc	51,35 a	38,72 c	46,75 ab		
<b>m%</b>							
Argissolo	0,93aA	0aA	0,18aA	0aA	0aA	0,48	41,41
Neossolo	12,85bC	25,11bB	22,59bB	41,27bA	22,08bB	24,78	
Média	6,89	12,56	11,38	20,63	11,04		
<b>CTC (cmolc dm<sup>3</sup>)</b>							
Argissolo	11,12aBC	9,93 aC	17,25 aA	12,484 aB	15,38 aA	13,23	18,2
Neossolo	4,81 bA	6,51 bA	2,21 bB	4,82 bA	4,83 bA	4,63	
Média	7,96	8,21	9,72	8,65	10,11		

Letras minúsculas comparam colunas. Letras maiúsculas comparam linhas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup> 1 = Silvipastoril 30 % de sombreamento, 2= Silvipastoril 60% de sombreamento, 3 = Capoeira, 4 = Mata Nativa, 5 = Pastagem.

Em Neossolos valores baixos de pH são esperados, pois originalmente já possuem uma natureza mineralógica pobre em cátions básicos, já que predominantemente são constituída de

quartzo (CARVALHO, 2015). A acidez evidenciada, também pode ser explicada pela intensa precipitação ao longo dos anos, que acabam por promover a lixiviação dos cátions trocáveis do solo ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ) permanecendo no solo apenas os cátions que elevam a acidez do solo ( $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ ) (THEODORO et al., 2003).

Os valores médios da CTC (T) no Neossolo foram de médios a baixos (RIBEIRO et al., 1999), assim como os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e também V%, no entanto, ao comparar as áreas de mata nativa, percebe-se um exíguo incremento nesses valores, com exceção de  $\text{K}^+$ , que apresentou baixos valores em ambos os sistemas.

Baixos teores de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  em Neossolos são esperados devido as limitações quanto a sua natureza química, já que são solos essencialmente quartzosos e desprovidos de minerais alteráveis, o que limita essa reserva de nutrientes para as plantas (CARVALHO, 2015). Os dados evidenciam que a intensificação do manejo neste tipo de solo, provocou acréscimos nos níveis de macronutrientes, isso indica melhoria, ainda que pequena, nos atributos químicos do solo, em relação ao solo de mata nativa.

Dessa forma pode-se dizer que os sistemas de manejo analisados, apresentaram características mais estáveis em relação à área de vegetação nativa, no que diz respeito aos atributos químicos do solo, com exceção do potássio, todas as demais características analisadas na profundidade de 0-10 cm.

Logo, ainda que ambos os sistemas tenham apresentados valores de CTC muito baixos (< 50%), o que os caracteriza como distróficos, em Neossolos é comum encontrar menor capacidade tampão, tanto para pH, como para P disponível, o que pode ser visto como vantagem para seu uso na agricultura, quando em comparação a solos argilosos ou muito argilosos que apresentam uma capacidade tampão mais elevada e, portanto, necessitam de maiores quantidades de calcário para a correção do solo (NOVAIS et al., 2007).

Os valores de CTC (T) e V% para os sistemas de manejo no Argissolo foram todos considerados elevados, classificando o solo dessas áreas como Eutrófico (> 50 %), as duas variáveis possuem uma correlação de 0.60, indicando que as mesmas se correlacionam positivamente.

O sistema de manejo 3 e 5 no Argissolo, apresentaram as maiores médias de CTC (17,25 e 15,38, respectivamente), no caso do sistema 5, isso pode ser associado aos tratos culturais (correção do solo e adubação), enquanto que a área 3 (parte dessa área está localizada sobre uma várzea) já está em desuso a alguns anos, no entanto, por ter sido utilizada por anos subsequentes, possui uma reserva de nutrientes que foi acumulada ao longo do tempo, corroborando com Moraes et al. (2008), que verificaram nas áreas de pastagem abandonadas

em várzeas, em comparação as florestas plantadas, possuíam valores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  mais elevados e maiores valores de pH e portanto menores de  $\text{Al}^{3+}$ .

Na tabela 2 está apresentado os valores referentes a composição química do solo na profundidade de 10 a 20. Os valores de pH e saturação de alumínio, que remete a acidez do solo e a toxidez por alumínio, mostram que os sistemas de manejo apresentaram valores que variaram de (4,74 a 5,78), para pH. As médias de pH mostram que no Argissolo, os sistemas de manejo apresentaram leve acidez nos sistemas 3 e 4, no entanto os demais sistemas tiveram valores próximos ao ideal para cultivo que varia de 6,0 a 6,5 (RONQUIM, 2010). Já os sistemas dentro do Neossolo, tiveram médias mais baixas (3,21 a 3,97), indicando uma forte acidez no solo.

Em ambos os solos, o sistema 4 (mata nativa) apresentou menor média de pH (4,74), algo que pode ser facilmente compreendido, pois, nesse sistema nunca fora realizado nenhum tipo de trato cultural (correção da acidez solo ou adubação). Enquanto que os maiores valores foram encontrados na área de manejo 2 e 5 (5,78 e 5,76, respectivamente), no Argissolo e na área de manejo 3 (3,97) no Neossolo.

No Argissolo os valores de pH mais elevados estão atrelados ao fato de que ambos os sistemas foram manejados quanto a calagem e adubação, elevando assim os valores de pH e, portanto, a CTC do solo, além disso, foi possível observar correlação positiva (0,77) entre o pH e a matéria orgânica, esse resultado pode estar relacionado as cargas negativas da MO do solo que são dependentes do pH do solo (MONTE BRAGA, 2011).

Os solos com maiores teores de argila, ou argila com maior de maior atividade, ou ainda, solos com maiores teores de matéria orgânica, possuem um maior poder tampão, do que solos mais arenosos, com argila de baixa atividade ou solos com menores teores de matéria orgânica (RONQUIM, 2010).

Em relação ao Neossolo, a área que apresentou maior média de pH, foi a área de pastagem manejada que vem sendo utilizada ao longo dos anos, e ainda assim apresentou valores de pH que são considerados baixos, isso está atrelado ao fato de que no ano de 2015, a área foi manejada quanto a adubação, porém não houve a correção do solo, e por ser um solo com baixa ou escassa quantidade cargas no coloide do solo, possui um baixo poder tampão, acaba por não reter esses cátions disponibilizado via adubação, ocorrendo assim o fenômeno conhecido como lixiviação, processo que empobrece o solo, tudo isso é influenciado também, pela baixa CTC e teor de matéria orgânica desse solo pois os estoque de carbono do solo estão intrinsecamente relacionados à textura do solo, e que existe uma tendência evidente de aumento do estoque de carbono, com a elevação do teor de argila (FRAZÃO et al ., 2010).

Tabela 2: Médias de pH (CaCl<sub>2</sub>), Fósforo (mg dm<sup>3</sup>), Potássio (K<sup>+</sup>), Cálcio (Ca<sup>2+</sup>), Magnésio (Mg<sup>2+</sup>), Saturação de bases (V %), Saturação de alumínio (m%) e CTC (T) do Argissolo vermelho e Neossolo quartzarênico, na camada de 10-20 cm de profundidade nos diferentes sistemas analisados.

Solo	Manejo					Média	CV %
	1	2	3	4	5		
<b>pH (CaCl<sub>2</sub>)</b>							
Argissolo	5,47 aB	5,78 aA	4,96 aC	4,74 aC	5,76 aA	5,34	4,56
Neossolo	3,61 bBC	3,5 bC	3,97 bA	3,21 bD	3,81 bAB	3,62	
Média	4,54	4,64	4,47	3,97	4,79		
<b>P (mg dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	2,98 aA	3,11 aA	2,44 aA	2,50 aA	2,45 bA	2,7	21,23
Neossolo	2,74 aB	3,23 aAB	2,81 aB	2,56 aB	3,7 aA	3,01	
Média	2,86	3,17	2,62	2,53	3,07		
<b>K<sup>+</sup> (cmolc dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	0,05 aA	0,05 aA	0,02 aB	0,04 aA	0,04 aAB	0,04	50,96
Neossolo	0,002 bA	0,002 bA	0,003 bA	0,003 bA	0,004 bA	0,002	
Média	0,027	0,023	0,013	0,021	0,021		
<b>Ca<sup>2+</sup> (cmolc dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	5,43 aB	4,56 aB	9,22 aA	5,96 aB	5,50 aB	6,13	40,74
Neossolo	0,04 bA	0,06 bA	0,09 bA	0,03 bA	0,19 bA	0,08	
Média	2,74	2,31	4,65	3	2,84		
<b>Mg<sup>2+</sup> (cmolc dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	1,76 aB	3,10 aA	2,31 aB	1,78 aB	3,49 aA	2,49	42,47
Neossolo	0,14 bA	0,08 bA	0,21 bA	0,05 bA	0,17 bA	0,13	
Média	0,95	1,59	1,26	0,91	1,83		
<b>V (%)</b>							
Argissolo	80,54	79,38	84,44	73,59	77,99	79,19 a	9,9
Neossolo	7,24	3,86	16,67	2,6	8,44	7,76 b	
Média	43,89 b	41,62 bc	50,55 a	38,10 c	43,21 b		
<b>m (%)</b>							
Argissolo	1,3aA	0aA	2,23aA	0aA	0,5aA	0,81	36,77
Neossolo	26,40bBC	31,35bB	17,93bD	41,31bA	22,64bCD	27,929	
Média	13,85	15,67	10,09	20,65	11,57		
<b>CTC (cmolc dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	9,00 aC	9,58 aBC	13,55 aA	10,51 aBC	11,57 aAB	10,84	22,37
Neossolo	2,63 bAB	3,75 bAB	1,94 bB	3,44 bAB	4,49 bA	3,25	
Média	5,82	6,67	7,74	6,98	8,03		

Letras minúsculas comparam colunas. Letras maiúsculas comparam linhas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup> 1 = Silvipastoril com 30 % de sombreamento, 2= Silvipastoril com 60% de sombreamento, 3 = Capoeira, 4 = Mata Nativa, 5 = Pastagem.

Diferente dos demais atributos o V% não houve interação entre os fatores demonstrando que o fator 1 independe do fator 2, nesse atributo.

No entanto é possível observar que o fator 1 e 2 são estatisticamente diferentes, e que dentre os manejos o sistema 3 foi o que apresentou maior média (84,44), diferindo estatisticamente das demais, porém, deve-se observar não somente esse atributo, pois, apesar de ter valores médios que podem ser considerados muito bons no Argissolo, os valores de pH para sistema 3 é o mais ácido, enquanto que os valores de  $K^+$  e P são os mais baixos em comparação aos demais no mesmo solo.

Esses valores de baixo pH e alto V% podem estar atrelados ainda, ao fato de que ambas as áreas de capoeira, são áreas antes usadas como pastagem e agora encontram-se em estado de abandono, logo, apesar de não estarem sendo cuidadas quanto a adubação e calagem, possuem uma reserva de nutrientes na solução. Gama-Rodrigues et al. (2008), ao avaliarem as características do solo em diferentes tipos de cobertura vegetal, também encontraram valores de pH que indicam a acidez elevada em áreas abandonadas.

Os valores de V% e m% para os sistemas manejo no Argissolo se correlacionam negativamente (-0.46), à medida que os valores de V% aumentaram os valores de m% diminuíram, isso é esperado uma vez que o m% é a porcentagem de cargas do solo que estão ocupadas pelo alumínio trocável, expressando assim o nível de toxidez do alumínio no solo e a saturação de bases expressa exatamente a soma de cátions na forma trocável na solução do solo (MONTE BRAGA, 2009), dessa forma, os altos valores de saturação de bases, indicam que os coloides do solo estão ocupados por esses cátions trocáveis, e não por alumínio.

Os valores de m% para os sistemas de manejo 1, 2 e 4 dentro do Neossolo foram considerados altos (26,4– 41,31%,) enquanto que os sistemas 3 e 5 (capoeira e pastagem), apresentam valores que são considerados médios (17,9-22,4 %) (RAIJ et al., 1986).

Isso mostra que apesar de serem manejadas as áreas 1e 2 (silvipastoril 30%, silvipastoril 60 % e pastagem, respectivamente) encontram-se com valores de m% elevados, o que vem a ser prejudicial para o desenvolvimento das culturas que ali implantadas, e deve-se frisar que uso de adubos minerais, sem a prévia correção do solo adequada ao manejo adotado, pode levar os solos a perderem rapidamente a sua fertilidade, em decorrência da acidificação, mobilização de elementos tóxicos ( $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$  e Mn), imobilização de nutrientes e mineralização da matéria orgânica do solo (THEODORO et al., 2003).

Os valores encontrados corroboram com Carvalho (2015), que estudando diferentes sistemas de manejo em um Neossolo Quartzarênico em Rio Pardo- MS, encontrou valores elevados de m% e baixos valores de V%, para áreas de pastagem de uso convencional, enquanto que para mata nativa e sistema integrados, encontrou valores semelhantes, isso mostra que os

valores médios encontrados na área de Neossolo está mais relacionada à pobreza mineralógica do solo e tratos culturais aplicados a ele, do que ao sistema de manejo adotado.

Tabela 3: Médias de pH (CaCl<sub>2</sub>), Alumínio (Al<sup>3+</sup>), Cálcio (Ca<sup>2+</sup>), Magnésio (Mg<sup>2+</sup>), Potássio (K<sup>+</sup>), CTC (T), de bases (V %) e Saturação de alumínio (m%) do Argissolo vermelho e Neossolo quartzarênico, na camada de 20-40 cm de profundidade, nos diferentes sistemas manejo.

Solo	Manejo					Média	CV %
	1	2	3	4	5		
<b>pH (CaCl<sub>2</sub>)</b>							
Argissolo	5,49 aA	5,72 aA	4,98 aB	4,75 aB	5,72 aA	5,33	5,85
Neossolo	3,76 bAB	3,43 bBC	3,91 bA	3,26 bC	3,86 bA	3,64	
Média	4.62	4.58	4.44	4	4.79		
<b>Al<sup>3+</sup> (cmolc dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	0,08 aB	0 aB	0,33 aAB	0 bB	0,6 aA	0,2	131,86
Neossolo	0,08 aB	0,20 aAB	0,07 bB	0,13 aA	0,52 bB	0,2	
Média	0.076	0.101	0.201	0.264	0.368		
<b>Ca<sup>2+</sup> (cmolc dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	4,47 aB	4,06 aBC	7,88 aA	5,25 aB	2,96 aC	4,92	41,4
Neossolo	0,05 bA	0,05 bA	0,07 bA	0,04 bA	0,13 bA	0,07	
Média	2.26	2.05	3.97	2.64	1.54		
<b>Mg<sup>2+</sup> (cmolc dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	1,78aB	2,97 aA	2,34 aAB	2,02 aB	2,24 aAB	2,27	45,29
Neossolo	0,15 bA	0,06 bA	0,19 bA	0,04 bA	0,12 bA	0,11	
Média	0,96	1,52	1,26	1,03	1,18		
<b>K<sup>+</sup> (cmolc dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	0,028 aA	0,037 aA	0,014 aB	0,028 aA	0,014 aB	0,024	71,76
Neossolo	0,001 bA	0,001 bA	0,003 bA	0,003 bA	0,004 bA	0,002	
Média	0,014	0,019	0,008	0,015	0,008		
<b>V %</b>							
Argissolo	78,30 aA	81,15 aA	80,87 aA	76,71 aA	64,63 aB	76,33	11,81
Neossolo	7,61 bB	3,31 bB	15,35 bA	8,91 bB	3,32 bAB	7,7	
Média	42.95	42.23	48.11	40.01	36.06		
<b>m%</b>							
Argissolo	1,27aA	0aA	2,98aA	0aA	10,12aA	1,88	34.52
Neossolo	23,92bBC	31,34bB	19,98bC	42,75bA	30,34bB	29,67	
Média	12,60	15,67	11,48	21,37	14,73		
<b>CTC (cmolc dm<sup>-3</sup>)</b>							
Argissolo	8,01 aB	8,65 aB	12,38 aA	9,52 aB	8,06 aB	9,32	21,32
Neossolo	2,60 bA	3,45 bA	1,74 bA	2,68 bA	3,09 bA	2,72	
Média	5,3	6,07	7,06	6,1	5,58		

Letras minúsculas comparam colunas. Letras maiúsculas comparam linhas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup> 1 = Silvicultura com 30 % de sombreamento, 2= Silvicultura com 60% de sombreamento, 3 = Capoeira, 4 = Mata Nativa, 5 = Pastagem.

As variáveis pH e Al<sup>3+</sup> que dizem a respeito da acidez encontrada nos sistemas em cada solo, demonstram que nessa profundidade as menores médias encontradas em ambos os solos, foram para as áreas de mata nativa, isso indica que ocorre uma perda de cátions trocáveis (Ca<sup>2+</sup>,

Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>) à medida que se aumenta a profundidade analisada, ocorrendo então uma substituição no coloide do solo, desses cátions pelo alumínio e/ou hidrogênio, e isso por sua vez, eleva a acidez do solo, diminuindo seu pH.

Essa acidez é facilmente compreendida, pois nesse sistema, que é usado como referência para os demais, não foi realizado nenhum tipo de trato cultural que vise corrigir essa acidez e melhorar a fertilidade do solo.

Os teores de Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> variaram muito pouco entre os sistemas dentro do mesmo tipo de solo, sendo que o sistema 2 no Argissolo Vermelho, obteve a maior média para variável Mg<sup>2+</sup>, ambos os sistemas mediante a implantação, tiveram as suas respectivas áreas corrigidas quanto a acidez.

A maior média Mg<sup>2+</sup> encontrada no sistema 2 (2,97 cmolc dm<sup>-3</sup>) pode estar associada ao maior aporte de serapilheira nessa área, e portanto, maior incremento a ciclagem dos nutrientes no solo, Bahamonde et al. (2012) reportaram que o raleamento de floresta para compor sistemas integrados pode reduzir de 30 a 35 % a ciclagem de nutrientes via serapilheira.

No entanto nesse caso, aliado a textura e teor de MO do solo, que proporciona a ele um maior poder tampão (RONQUIM, 2010), pois a medida em que se aumenta o teor de argila do solo, são elevadas a capacidade de troca de cátions e o fator capacidade ou poder-tampão do solo para cátions (WIETHOLTER, 2007; GUIMARÃES MOREIRA MALUF et al, 2015) e também a calagem aplicada antecedendo a implantação, o sistema 2 (silvipastoril 60%) apresentou valor maior que a área de mata nativa.

No que diz respeito ao V%, os maiores valores de saturação de bases encontrados na área de manejo 2 (81,15%), tem correlação positiva com a CTC do solo (0,54), indicando que as duas variáveis aumentam paralelamente, no entanto foi observado que os valores de V% foram diminuindo conforme a profundidade aumentava, as árvores são eficientes em captar nutrientes de camadas mais profundas, absorvendo nutrientes (potássio, fósforo, cálcio, magnésio e micronutrientes) que muitas vezes as culturas cultivadas no sub-bosque não conseguem acessar (SILVEIRA JÚNIOR, 2016).

Assim, as árvores absorvem esses nutrientes das camadas mais profundas e transferem para camadas superficiais, proporcionando aumento do aporte de nutrientes via serapilheira, além de melhorar a microbiota do solo, o que contribui em acelerar a ciclagem de nutrientes (SILVEIRA et al., 2007; RADOMSKI e RIBASKI, 2012).

Os valores de m% nos sistemas de manejo no Argissolo, não diferiram estatisticamente, com média de 1,88. No entanto, para os sistemas de manejo no Neossolo Quartzarênico, os valores médios foram elevados para a área de mata nativa e o sistema silvipastoril de 60%.

Valores elevados já eram esperados, pois, esta variável apresentou correlação negativa com o V% (-0,76) e correlação positiva com  $Al^{3+}$  (0,96) e  $H + Al^{3+}$  (0,43), de forma que, à medida que a saturação de bases do solo diminuiu, aumentou-se a saturação por alumínio, isso fica evidente na correlação positiva com o alumínio trocável solo.

Como pode ser observado ao longo do perfil, os valores médios dos cátions trocáveis, decresceram, logo o alumínio trocável assume o lugar desses cátions na superfície do colóides do solo (RONQUIM, 2010). Sistemas de manejo que possuem maior imobilização de bases em sua biomassa apresentam maiores valores de  $Al^{3+}$  e  $H + Al^{3+}$ , e isso por sua vez, influencia diretamente a saturação de alumínio do solo (FREITAS et al., 2013).

Em relação a área de manejo 2 que é uma área com 60% de sombreamento, que tem um menor raleamento da floresta original, manteve valor médio de m% elevado (42,75%), no entanto, isso pode ser atribuído ao fato de que possuindo um menor teor de cátions trocáveis e portanto uma baixa CTC, acaba que nesse solo os nutrientes são pouco retidos aos sítios, dando lugar ao cátions de elevam a acidez potencial do solo ( $H^+$  e  $Al^{3+}$ ), e dessa forma, devem ser manejados com critérios mais rigorosos que solos com maiores teores de argila, afim de atingir seu máximo potencial produtivo, sem que ocorra a perda da qualidade solo (CARNEIRO et al., 2009).

## CONCLUSÕES

Através da análise de componentes principais o número de variáveis foi reduzido. Foi possível entender a contribuição de cada atributo dentro dos componentes formados, e principalmente a correlação entre eles;

Com relação aos componentes químicos em ambas as áreas de manejo, no Neossolo, os atributos analisados não tiveram grande dissimilaridades, demonstrando que independente do sistema, a carência de nutrientes é notória nesse tipo de solo, problema esse que pode ser contornado, adotando-se práticas de manejo que visem corrigir a acidez do solo e carência de nutrientes do solo;

No Argissolo a área de Pastagem e do Silvopastoril de 60% de sombreamento, se destacaram com relação aos atributos químicos do solo, os valores médios encontrados nas áreas indicam, que quando bem manejados, independente, do sistema adotado, a qualidade química do solo não é afetada, mas deve-se salientar que o Sistema Silvopastoril, agrega mais características de sustentabilidade ao manejo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHAMONDE, H. A.; PERI, P. L.; ALVAREZ, R.; BARNEIX, A.; MORETTO, A.; & PASTUR, G. M. Litter decomposition and nutrients dynamics in *Nothofagus antarctica* forests under silvopastoral use in Southern Patagonia. **Agroforestry Systems**, v.84, n.3, p.345–360, 2012. doi:10.1007/s10457-012-9479-7.
- BENAVIDES, R.; DOUGLAS, G.B.; OSORO K. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. **Agroforestry System**, Dordrecht, v.76, p.327–350, 2009.
- BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C. M.; TORMENA, C. A. Qualidade física do solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.37, n.3, p.743–753, 2013.
- CARVALHO, R. P. Universidade Federal Da Grande Dourados Sistema Silvopastoril Em Neossolo Quartzarênico : Relação Solo-Planta-Atmosfera Sistema Silvopastoril . 74 pag. 2015.
- CORDEIRO, F. C. et al. Atributos edáficos em pastagens da região noroeste do estado do Rio de Janeiro. **Comunicata Scientiae**, v.1, n.2, p.106, 2010.
- DA SILVA LYRA, W. et al. Classificação periódica: um exemplo didático para ensinar análise de componentes principais. **Quim. Nova**, v.33, n.7, p.1594-1597, 2010.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Wisconsin: **Soil Science Society American**, p. 3-21, 1994.
- FRAGA, A. B.; SILVA, F. L.; HONGYU, K.; SANTOS, D. D. S.; MURPHY, T. W.; LOPES, F. B. Multivariate analysis to evaluate genetic groups and production traits of crossbred Holstein × Zebu cows. **Tropical Animal Health and Production**, v.1, p.1-6, 2015.
- FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. Sistemas silvopastoris: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: **Embrapa Acre**, 51p, 2001.
- FRAZÃO, L. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em neossolo quartzarênico sob uso agrícola. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.45, n.10, p.1198–1204, 2010.
- FREITAS, I. C. D; SANTOS, F. C. V. D; CUSTÓDIO FILHO, R. D. O; CORRECHEL, V., SILVA, R. B. D. Agroecossistemas de produção familiar da Amazônia e seus impactos nos atributos do solo. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, n.62, p.1310–1317, 2013. Disponível em: </scielo.php?script=sci\_arttext&pid=&lang=pt>.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. et al. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1489-1499, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000400013>.

DE OLIVEIRA GODINHO, T.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICK, L. F.; AZEVEDO, H. C. A.; ROCHA, J. H. T. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Cerne**, v. 20, n.1, p.11–20, 2014.

GUEDES, M. C.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F.; MATTIAZZO, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n.2, p.267- 280, 2006.

GUIMARÃES MOREIRA, H. J. M.; BARROS SOARES, E. M.; RIBEIRO DA SILVA, I.; LIMA NEVES, J. C.; OLIVEIRA SILVA, M. F. Disponibilidade e recuperação de nutrientes de resíduos culturais em solo com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.6, 2015.

KARLEN, D. L.; Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, v.61, p.4-10, 1997.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: **Prentice-Hall**, p.815, 1999.

HONGYU, K. Comparação do GGE biplot-ponderado e AMMI- ponderado com outros modelos de interação genótipo x ambiente. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. doi:10.11606/T.11.2015.tde-04052015-172304.

MANCILLA-LEYTÓN, J.M.; SÁNCHEZ-LINEROS, V.; VICENTE, A. M. Influence of grazing on the decomposition of *Pinus pinea* L. needles in a silvopastoral system in Doñana, Spain. **Plant Soil**. v.373, n.2, p.173–181, 2013.

MARTINS, J. L. Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas, em condição de pastagem. 2001. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Água e Solos)-Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C.; PEREIRA. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Ciência Florestal**, v.18, n.2, p.193–206, 2008.

OLIVEIRA, L. B. T. Aspectos morfofisiológicos e nutricionais das forrageiras Mombaça e Marandu na Amazônia em sistema silvipastoril. 91 pag. Tese (Doutorado em Ciência Animal) -Escola de medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal Do Tocantins, Tocantins. 2015.

RADOMSKI, M.; RIBASKI, J. Fertilidade do solo e produtividade da pastagem em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.32, n.69, p.53-61, 2012.

RENCHER, A. C. *Methods of Multivariate Analysis, Second Edition*. v.37, 2002. 727 pag.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - **5a Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, 360 p.

ROCHA JUNIOR, P. R.; SILVA, V. M.; GUIMARÃES, G. P. Degradação de pastagens brasileiras e práticas de recuperação. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p.952–968, 2013.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. **Embrapa Monitoramento por Satélite**, v.8, p.30, 2010.

SANTOS, P. M. Interface Solo-Planta-Animal em sistemas agroflorestais para a intensificação ecológica na pecuária. 279 pag. Tese (Doutorado em Ciência Animal)- Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, Tocantins. 2014.

SAVEGNAGO, R. P.; CAETANO, S. L.; RAMOS, S. B.; NASCIEMNTO, G. B.; SCHMIDT, G. S.; LEDUR, M. C.; MUNARI, D. P. Estimates of genetic parameters, and cluster and principal components analysis of breeding values related to egg production traits in a White Leghorn population. *Poultry Science*, v.90, p.2174–2188, 2011.

SILVA, F. C. D. S. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, F. A. S, Azevedo CAV (2016). **The Assistat Software** Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res.* Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

SILVA NETO, S. P. Análise espacial de características químicas do solo, serapilheira e pasto em sistemas de integração com floresta secundária. 128 pag. Tese (Doutorado em Ciência Animal)- Escola de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Tocantins, Tocantins. 2012.

SILVEIRA, N. S.; PEREIRA, M. G.; POLIDORO, J. C.; TAVARES, S. R. L.; MELLO, R. B. Aporte de nutrientes e biomassa via serrapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty. **Ciência Florestal**, v.17, n.02, p.129-136, 2007.

SILVEIRA JÚNIOR, O. Estratégias De Corte Do Pasto E Adubação Nitrogenada Como Alternativa Para Aumento Da Produtividade Do Capim Mombaça. 95 pag. Tese (Doutorado em Ciência Animal)- Escola de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Tocantins, Tocantins. 2016.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 416 p. 2004.

THEODORO, V. D.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n.6, p.1039–1047, 2003.

TOMÉ JR, J. B. Manual para Interpretação de Análise de Solo. Guaíba/RS: Agropecuária, 1997. 274 pag.

WALL, A. J. The effect of poplar stand density on hill country pastures. 2006. 314 pag.

WIETHOLTER, S. Bases teóricas e experimentais de fatores relacionados com a disponibilidade de potássio do solo às plantas usando o trigo como referência. **Revista Bras. Ciência do Solo**, v.31, p.1011-21, 2007.

## **CAPÍTULO 2**

### **IMPACTO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO ESTOQUE DE CARBONO E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**

#### **RESUMO**

A demanda por informações sobre os efeitos desses sistemas silvipastoris nos atributos do solo, é crescente. Objetivou-se nesse estudo caracterizar os atributos físicos do solo e o estoque de carbono (EC) em sistemas de manejo. Foram avaliadas dez áreas, cada uma compreende um sistema de manejo, que estão divididas em duas classes de solo (Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico) com cinco sistemas de manejo (1-silvipastoril com 30% de sombreamento; 2-silvipastoril com 60% de sombreamento, 3- capoeira; 4- mata nativa secundária; 5- pastagem com manejo convencional). Foram coletadas dez amostras de solo indeformada para quantificar a densidade do solo e porosidade total, com auxílio de um anel de volumétrico na profundidade de 0-10 cm. Para determinação da textura e matéria orgânica (MO), foi realizada amostragem em duas profundidades 0-10 e 10-20 cm. Os dados de textura, MO e EC foram submetidos a análise estatística e teste de comparação múltiplas de médias, Tukey ( $p < 0,05$ ), os dados referentes à densidade do solo e porosidade total, foram tiradas as médias referentes a cada sistema dentro de cada solo. No Neossolo Quartzarênico os diferentes sistemas de manejo não agravaram esses atributos, quando comparado a área de referência, porém, a área 1 apresentou melhor incremento no EC e MO, o que pode torna-lo mais eficiente para esse tipo de solo. No Argissolo Vermelho o sistema 2 teve um maior incremento EC e, portanto, MO, proporcionou melhoria nos atributos analisados, sendo assim, o sistema mais eficiente dentre os demais.

**Palavras-chave:** Densidade do solo. Argissolo vermelho. Neossolo Quartzarênico.

## ABSTRACT

The demand for information on the effects of these silvipastoris systems on soil attributes is increasing. It was intended in this study to characterize the physical attributes of the soil and the carbon stock (EC) in management systems. Ten areas were evaluated, each comprising a management system, which are divided into two soil classes (upper red and Neossolo Quartzarênico) with five management systems (1-silvipastoril with 30% shading; 2-silvipastoril with 60% of Shading, 3-capoeira; 4-native secondary Mata; 5-pasture with conventional handling). Ten samples of undeformed soil were collected to quantify the soil density and total porosity, with the aid of a volumetric ring at the depth of 0-10 cm. For determination of the texture and organic matter (MO), sampling was carried out in two Depths 0-10 and 10-20 cm. The texture data, MO and EC were subjected to statistical analysis and multiple comparison test of averages, Tukey ( $P < 0.05$ ), the data pertaining to soil density and total porosity, the averages for each system were taken. Within each soil. In the Neossolo Quartzarênico the different management systems did not aggravate these attributes, when compared to the reference area, however, area 1 presented a better increase in the EC and MO, which can make it more efficient for this type of soil. In the red upper System 2 had a higher EC increment and therefore, MO, it provided improvement in the analyzed attributes, thus the most efficient system among the others.

**Key words:** Soil density. Ultisol. Entisol quartzipsamment.

## INTRODUÇÃO

No geral, a qualidade de um solo é avaliada sob três aspectos principais: químico, físico e biológico, em que a qualidade física assume importância na avaliação do grau de degradação do solo e na identificação da sustentabilidade do manejo (Andrade e Stone, 2009). A qualidade física afeta as qualidades químicas e biológicas do solo, ou seja, ao melhorar a qualidade física de determinado solo indiretamente se está contribuindo para a melhoria das suas condições biológicas e químicas (ARAÚJO et al., 2012).

O desmatamento e agricultura convencional alteram as propriedades físicas do solo, tais como a estabilidade do agregado (CAMPOS et al., 2013), porosidade e densidade do solo (VIEIRA et al., 2011). A distribuição de carbono em diferentes frações do solo, também é afetada pelo uso e manejo do solo, que causam mudanças a curto e/ou longo prazo nesse atributo (MARQUES et al., 2015).

Dessa forma, a densidade, porosidade e carbono orgânico do solo e suas frações granulométrica e húmicas são os atributos mais facilmente influenciados, e por isso frequentemente utilizados para mensurar os efeitos dos diferentes sistemas de uso do solo sobre a estrutura do solo e outros atributos edáficos (LOSS et al., 2010, 2011; WENDLING et al., 2012)

Os sistemas de uso do solo que integram agricultura e floresta, são popularmente conhecidos como agroflorestas, que tem sido utilizado em várias regiões do Brasil, e os estudos sobre os efeitos desses sistemas sobre os atributos do solo tem se intensificado. Nos sistemas silvipastoris (SSP), a modalidade dos sistemas agroflorestais refere-se às técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores na mesma área. Tais sistemas representam uma forma de uso da terra onde atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes (BERNARDINO e GARCIA, 2009).

Entre os benefícios dos SSP's podem-se citar o aumento da ciclagem de nutrientes, melhorias na biota e fertilidade do solo, fixação de carbono, além do aumento na agregação e porosidade solo (CARVALHO, CERRI, C.P e CERRI, C. C, 2010 ; LOSS et al., 2012).

Em sistemas de integração agroflorestais, tem-se contínua oferta de matéria orgânica do solo devido a diversidade de árvores, arbustos, herbáceas, além dos dejetos animais, dispostos aleatoriamente na área, acúmulo de carbono na biomassa vegetal e no solo, proporciona melhorias nos atributos químicos e físicos. No entanto, a demanda por informações sobre os

efeitos desses sistemas silvipastoris nos atributos do solo, é crescente (BALBINO et al., 2012; PADOVAN e PEREIRA .,2012)

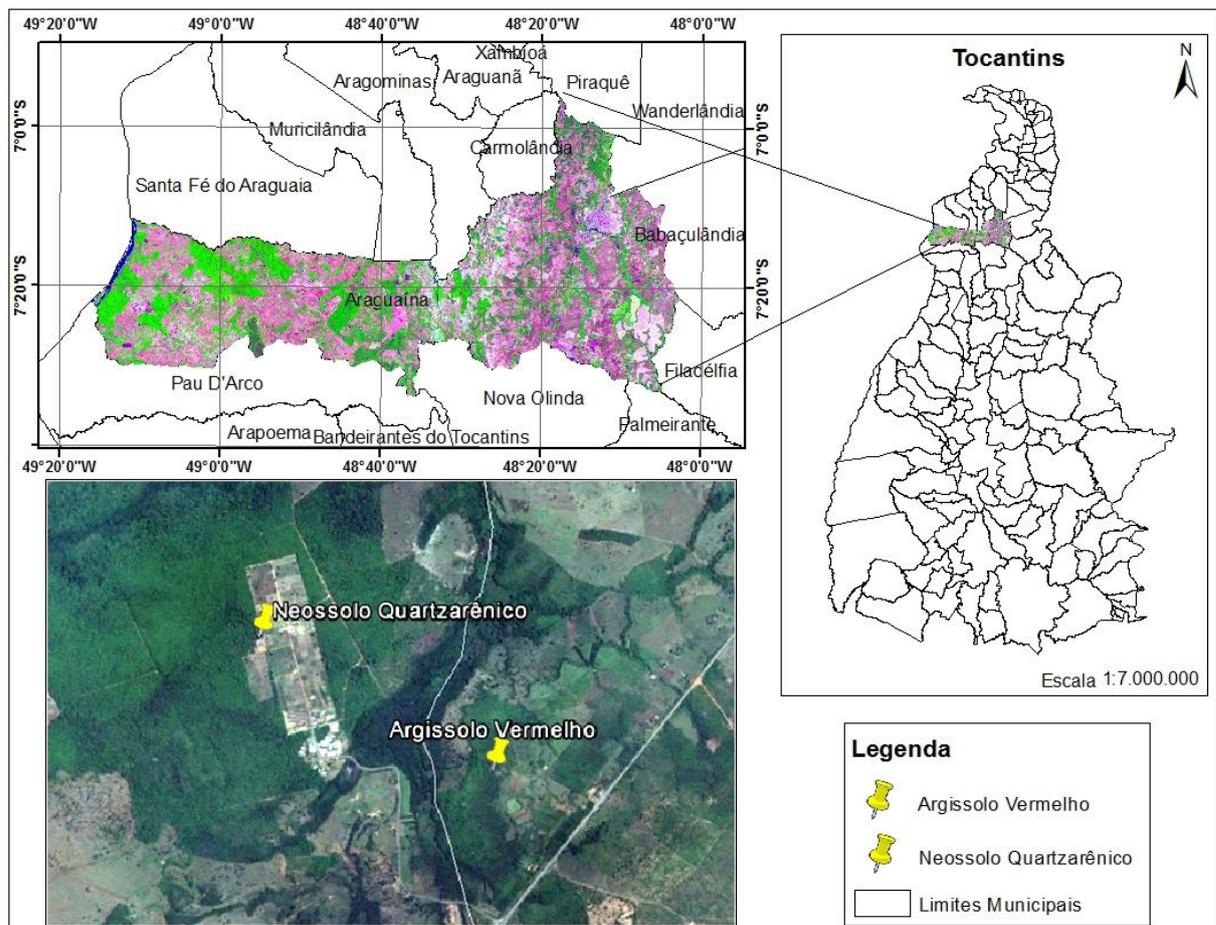
Este estudo objetiva caracterizar os atributos físicos do de duas classes de solo (Argissolo Vermelho Eutrófico e Neossolo Quartzarênico Órtico) em diferentes sistemas de manejo, de modo a identificar a eficiência desses sistemas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização

O estudo foi realizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia (EMVZ) da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Araguaína, no norte do estado do Tocantins. A região possui clima classificado com AW (quente e úmido), com estações bem definidas, precipitação anual média de 1700 mm e temperatura média de 26°C. O estudo foi desenvolvido em duas diferentes classes de solos, classificados de acordo com o SIBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – EMBRAPA (2014), o primeiro solo foi classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico, coordenadas UTM: zona 22, N 810489.34, E 9213706.86, e o segundo classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico, coordenadas UTM: zona 22, N 808635.00, E 9214729.00.

Figura 1- Localização das áreas de estudos



Fonte- Google maps (2017). Adaptado pela autora.

## Áreas de estudo

Cada área de estudo compreende um sistema de manejo, ao todo se tem 10 áreas, que estão divididas sobre as duas classes de solo.

No Neossolo Quartzarênico foram avaliados cinco sistemas de manejo. Dois deles são áreas de silvipastoril, originárias da associação de capim Mombaça (*Megathyrsus maximum* cv Mombaça) e vegetação nativa raleada (Fava de bolota- *Parkia Platycephala*, Pimenta de macaco- *Xylopia Aromática*, Jatobá do cerrado – *Hymenea Stignocarpa*, Embaúba- *Cecropia Pachytachya*), ambas as áreas foram manejadas a primeira vez em outubro de 2009, em que, com auxílio de um luxímetro foi realizado o raleamento da vegetação nativa, de forma que a primeira área de silvipastoril, ficou com 30% de sombreamento e a segunda com 60% de sombreamento. A terceira área é uma “capoeira”, que é uma pastagem abandonada, sem tratos culturais e já em estado de degradação. As duas últimas áreas são uma mata nativa secundária e uma pastagem de capim Mombaça com manejo convencional, que é utilizada desde 2008 com tratos culturais como calagem e adubações frequentes.

No Argissolo Vermelho, assim como no Neossolo, foram utilizadas cinco áreas, as duas primeiras são sistemas silvipastoris, que foram estabelecidas em ambiente de floresta secundária de Babaçu (*Attalea speciosa*) em consórcio com capim Mombaça, em novembro de 2011, através do raleamento da vegetação original, com o auxílio de luxímetro, para determinar o nível de sombreamento, que na primeira área é de 30%, e na segunda área é de 60% que foi manejada quanto a calagem, em 2011, com 1 tonelada  $ha^{-1}$  de calcário do tipo dolomítico. A terceira área, é uma pastagem abandonada, em estado de degradação agrícola, sem nenhum trato cultural. A quarta é uma mata nativa secundária, com predominância de Babaçu. A quinta é uma pastagem com manejo convencional utilizada desde 2011, oriunda de área de capoeira que foi roçada, devidamente tratada com herbicida, corrigida e adubada, logo depois teve a pastagem implantada.

As três primeiras áreas foram manejadas no ano de 2011, com calcário dolomítico (1 t  $ha^{-1}$ ), 100 kg de  $P_2O_5$  (Fonte Super Fosfato Simples) e 120 kg de  $K_2O$  (Fonte KCl) distribuídos na área total em uma única aplicação.

## Coleta de dados e Análise física

A amostragem do solo foi realizada em todos os sistemas de manejo, foram coletadas dez amostras de solo com estrutura indeformada para quantificar a densidade do solo e porosidade

total, com auxílio de um anel de aço de bordas cortantes e volume de (96,26 cm<sup>3</sup>) acoplado à trado, na profundidade de 0-10 cm. A amostragem, para determinação da textura e matéria orgânica (MO), foi realizada com auxílio de trado tipo sonda, em que foram coletadas oito amostras compostas (oito subamostras), em duas profundidades 0-10 e 10-20 cm para textura e para MO. Após a coleta as amostras foram devidamente acondicionadas e encaminhadas ao laboratório de solos da UFT, para posteriores análises.

As amostras foram colocadas em estufa por 24 horas a 105°C, seguindo o método do anel volumétrico (Embrapa, 1997). Após esse procedimento, foi realizada a pesagem do cilindro e amostra, conforme a equação (1):

$$\text{Densidade do solo (g/ cm}^3\text{)} = a/b \quad (1)$$

Onde,

a = peso da amostra seca a 105°C (g);

b = volume do anel ou cilindro (cm<sup>3</sup>);

Com os dados referentes a densidade do solo e foram realizados os cálculos de porosidade total dos sistemas estudados.

Para determinação da textura, através da separação e determinação das frações granulométricas, foi utilizado método da pipeta, conforme Embrapa (1997), utilizou-se como agente dispersor o NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>.

A matéria orgânica (MO) foi obtida através da oxidação do Bicromato de potássio, e determinada por titulação, seguindo as orientações do Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes da EMBRAPA (2009).

Na determinação do estoque de carbono (EC) utilizou-se os valores do MO e DA para estimar os valores do Estoque de Carbono com base na equação (2) seguinte:

$$EC = (CO \times DA \times p) / 10 \quad (2)$$

Em que,

EC = estoque de carbono no solo (t ha<sup>-1</sup>);

CO = teor de carbono orgânico do solo (g kg<sup>-1</sup>);

DA = densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>);

p = profundidade da camada do solo (cm).

## **Estatística**

Os dados de textura, matéria orgânica e estoque de carbono foram submetidos a análise estatística e teste de comparação múltiplas de médias, Tukey ( $p= 0,05$ ) utilizando o software ASSISTAT (SILVA, 2016), enquanto dos dados referentes à densidade aparente do solo e porosidade total, foram analisadas as médias referentes a cada sistema dentro nas diferentes classes de solos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes a análise de variância e teste de comparação de médias para os valores de areia, silte, argila, matéria orgânica e estoque de carbono na profundidade 0-10 cm são apresentados na tabela 1.

Houve interação entre as classes de solo x os sistemas de manejo ( $p < 0,01$ ), os sistemas no Argissolo Vermelho, somente o sistema 1 (Silvipastoril com 30% de sombreamento) apresentou maior média do teor de areia ( $711,93 \text{ g kg}^{-1}$ ) que diferiu estatisticamente das demais médias, indicando maior percentual de areia dentro desse sistema na profundidade de 0-10 cm, isso indica que o mesmo pode estar sobre uma mancha de solo, que o difere dos demais dentro da mesma classe. Para a fração silte, os teores médios dos sistemas 2 e 5 apresentaram maiores médias ( $225,75$  e  $217,12 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente) sendo estatisticamente iguais. A fração argila nesse solo, apresentou maior média no sistema 5 ( $553,75$ ) que diferiu estatisticamente das médias dos outros sistemas dentro do mesmo solo.

Tabela 1: Granulometria, matéria orgânica e estoque de carbono do Argissolo e Neossolo, na camada de 0-10 cm de profundidade nos diferentes sistemas avaliados.

Solo	Manejo					Média	CV %
	1	2	3	4	5		
<b>Areia (g/kg)</b>							
Argissolo	711,93 bA	441,75 bC	567,75 bB	568,68 bB	229,12 bD	503,85	
Neossolo	924,06 aA	933,18aA	908,12Aa	924,81aA	922,75aA	922,58	9,29
Média	818	687,46	737,93	746,75	575,93		
<b>Silte (g/kg)</b>							
Argissolo	100,56 aC	225,75 aA	134,75 aBC	152,56aB	217,12aA	166,15	
Neossolo	17,18 bA	3,06 bA	20,87 Ba	15,18 bA	13,5 bA	13,96	33,25
Média	58,87	114,4	77,81	83,87	115,31		
<b>Argila (g/kg)</b>							
Argissolo	187,50 aC	332,50 aB	297,50 aB	278,78 aB	553,75 aA	330	
Neossolo	58,75 bA	63,75 bA	70,37 Ba	60,00 bA	63,75 bA	63,32	25,04
Média	123,12	198,12	183,93	169,37	308,75		
<b>Matéria Orgânica (g kg<sup>-1</sup>)</b>							
Argissolo	16,11 aB	28,49 aA	11,47 Ac	12,06 aC	15,96 aB	16,82	
Neossolo	5,32 bA	3,3 bA	4,95 Ba	4,16 bA	5,83 bA	4,71	24,14
Média	10,72	15,89	8,21	8,94	10,06		
<b>Estoque de Carbono (t ha<sup>-1</sup>)</b>							
Argissolo	20,96 aBC	36,18 aA	16,72 aCD	22,15 aB	15,33 aD	22,27	24,2

Neossolo	7,14 bAB	2,78 bB	5,22 Bab	8,06 bA	4,16 bAB	5,47
Média	14,05	19,48	10,97	15,11	9,75	

Letras minúsculas comparam colunas. Letras maiúsculas comparam linhas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup> 1 = Silvipastoril 30 % de sombreamento, 2= Silvipastoril 60% de sombreamento, 3 = Capoeira, 4 = Mata Nativa, 5 = Pastagem.

No Neossolo Quartzarênico, não houve diferença estatística entre as médias, para nenhuma das frações analisadas, isso denota que ambas áreas estudadas estão em consonância quanto as frações do solo, logo, estão ambas, dentro da mesma classe textural. Solos teores de argila inferiores a 150 g kg<sup>-1</sup> são classificados como textura arenosa (EMBRAPA, 2006).

Foi observado baixo teor de matéria orgânica (MO) nas classes de solos variando de 3,3 g kg<sup>-1</sup> a 28,49 g kg<sup>-1</sup>, valores menores que 8 (g kg<sup>-1</sup>) e 24 (g kg<sup>-1</sup>) são considerados baixos, para solos de textura arenosa (Neossolo Quartzarênico) e para solos de textura argilosa (Argissolo Vermelho), respectivamente (SOUZA e LOBATO, 2004). Os sistemas de manejo que apresentaram maiores teores de MO foram os sistemas silvipastoris com 60 e 30% de sombreamento (28,49 e 16,11 g kg<sup>-1</sup>) respectivamente, no Argissolo. Nas áreas sob a influência de árvores ocorre elevação dos teores de matéria orgânica no solo devido à deposição contínua de biomassa por meio da queda de folhas, flores, frutos e galhos, que ao se decomporem, promovem a reciclagem de nutrientes removidos das camadas mais profunda (CASTRO e PACIULLO, 2006; HOWLETT et al., 2011). Em sistemas silvipastoris com idade de pelo menos 15 anos de implantação, em condições diversificadas, tanto ecológicas (classes de solos e clima) Nair et al. (2011) observaram que os estoques de C dependem da qualidade do solo e estão diretamente correlacionados com a fração mais fina (argila ou silte).

Os manejos 3 e 4 (capoeira e mata nativa), proporcionaram pouca alteração na MO do solo, em relação ao sistema de referência (mata nativa), por não haver revolvimento do solo, isso pode resultar em menor taxa de decomposição, além disso, essa taxa é influenciada por diversos fatores, entre eles, pela relação C/N do material que a compõe. Quando baixa, essa relação, favorece a decomposição da serapilheira, porque a quantidade de N nela influencia a velocidade de decomposição do material, ou seja, resíduos com alta relação C/N demoram mais para serem decompostos (FREITAS et al., 2013).

Para variável estoque de carbono houve interação classe do solo x sistema de manejo ( $p < 0,01$ ), nos sistemas de manejo no Argissolo, apenas o sistema 2 (Silvipastoril 60% de sombreamento) apresentou diferença estatística com média (36,18 t ha<sup>-1</sup>), que está relacionada a presença de espécies arbóreas na área, que resulta em incremento de aporte de resíduos vegetais ao solo. Gutmanis (2004) e Neves et al. (2004), relatam que a maior concentração de

carbono está nas árvores, principalmente nas folhas. Nos sistemas silvipastoris ocorre queda no estoque de carbono nos anos iniciais, e nos sistemas mais jovens a taxa de adição de resíduos é baixa, em relação a sistemas em equilíbrio, porém, com tendência de recuperação nos próximos anos.

Os valores de estoque de carbono nos sistemas 1 e 2 (silvipastoris com 30 e 60% de sombreamento) foram elevados com 36,18 e 20,96 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Verificou-se ao comparar os dois sistemas à área de vegetação nativa, o sistema com 30% de sombreamento possui menor média. Santos (2014) constatou que essa diminuição no estoque de carbono está relacionada à maior decomposição da matéria orgânica (MO) do solo, essa maior decomposição está relacionada a perda de umidade do solo por meio da maior incidência de luz e calor, quando comparada a vegetação original (fechamento do dossel), que favorecerá ação dos microrganismos decompositores. Boddey, Alves e Urquiaga (2004) destacaram que os maiores valores de ECS encontram-se nos solos de textura fina, com maior concentração de argila. As mudanças ocorridas no estoque de carbono estão intimamente relacionadas ao manejo solo, que pode acarretar tanto em acréscimos quanto em decréscimos desse elemento no solo (ROSSET, SCHIAVO e ATANÁZIO, 2014).

Os valores médios de estoque de carbono no Neossolo apresentaram variação de 2,78 a 8,06 t ha<sup>-1</sup>, este resultado expressa a limitação existente em solos de textura arenosa quanto ao incremento ou manutenção da matéria orgânica do solo, devido ao tamanho das partículas e da frágil ou ausente estrutura nesses solos (HASSINK, 1997; GARCIA-PAUSAS et al, 2007). Alterações no estoque de carbono variam de acordo com o tipo de solo, especialmente quando relacionado ao teor de argila existente. Zinn et al. (2012) também relataram que os teores de COS estão relacionados aos teores de argila em dois levantamentos de solos, em duas regiões de Minas Gerais (Sul e Serra do Espinhaço Meridional), considerando-se as profundidades entre 20 e 200 cm.

Rosendo e Rosa (2012) confirmam que a textura, argilosa, pode ser considerada um fator determinante para dificultar as perdas de COS. A relação dos estoques de C com a textura do solo é apresentada por Lal et al. (2007), que afirmam que solos mais arenosos tendem a apresentar maior perda de C. Esse fator é explicado pela maior lixiviação, menor agregação das partículas do solo e baixa atividade das argilas.

Na tabela 2 são apresentados os valores referentes a densidade do solo e porosidade total, na profundidade de 0-10 cm, em todos os sistemas de manejo no Argissolo e Neossolo.

Tabela 2: Densidade aparente ( $D_a$ ), e porosidade total dos sistemas de manejo estudados, na profundidade de 0-10 cm.

Solo	Manejo				
	1	2	3	4	5
<b>Densidade aparente ( g/dm<sup>3</sup>)</b>					
Argissolo	1,30	1,24	1,44	1,31	1,40
Neossolo	1,36	1,31	1,45	1,37	1,38
<b>Porosidade total ( %)</b>					
Argissolo	51,81	53,89	46,65	51,33	47,56
Neossolo	49,29	51,29	46,00	52,90	48,59

1 = Silvistoril 30 % de sombreamento, 2= Silvistoril 60% de sombreamento, 3 = Capoeira, 4 = Mata Nativa, 5 = Pastagem.

No Argissolo os valores da densidade aparente demonstram que os sistemas silvipastoris apresentam uma menor densidade (1,24 e 1,30 g.cm<sup>-3</sup>) que a área de mata nativa (referência) e que a área de pastagem convencional apresenta valor médio (1,40 g.cm<sup>-3</sup>). No entanto, a área de capoeira apresentou um valor bastante elevado de densidade (1,44 g.cm<sup>-3</sup>), Moraes et al. (2002) descreve valores de  $D_a$  de 1,43 a 1,46 g.cm<sup>-3</sup> sob pastagem degradada com baixa cobertura vegetal.

O aumento da densidade no solo, no Argissolo Vermelho além de acompanhar a diminuição do teor de matéria orgânica (SILVA et al., 2005), mostrando correlação de negativa para ambos os atributos(-0,33), mostrou ainda que a densidade é influenciada pela textura do solo (REICHARDT e TIMM, 2004; LIBARDI, 2005), solos arenosos apresentam densidade superior ao solo argiloso, enquanto que os solos siltosos apresentam comportamento intermediário.

Os valores encontrados em ambos os sistemas silvipastoris podem estar atrelados ao alto teor de MO no solo, que influencia diretamente a densidade do solo à essa profundidade (DA SILVA et al., 2015).

No Neossolo, os valores de densidade foram elevados (1,31 a 1,45 g.cm<sup>-3</sup>), a mata nativa apresentou maior média (1,45) em comparação as demais as áreas, o valor encontrado para pastagem (1,38) nessa profundidade, pode estar associado ao manejo aplicado no solo, que pode revolver o solo de forma a diminuir a densidade do mesmo. Corroborando com Sales et al (2010), que ao avaliar áreas de pastagem e cerado nativo em Neossolo Quartzarênico no estado do Goiás, encontram valores aproximados (1,56 e 1,43 g.cm<sup>-3</sup> respectivamente).

Segundo Costa e Abrão (1996) a matéria orgânica associada a solos de textura arenosa, a exemplo do Neossolo Quartzarênico em questão, imprime maior velocidade de decomposição, contribuindo para aumentar a formação das substâncias húmicas, favorecendo a agregação das partículas e, conseqüentemente, a redução da DA.

Cunha et al. (2011) e Marcolin e Klein (2011) relatam em seus estudos que a contribuição da matéria orgânica sobre a redução dos valores de densidade, tal qual, Pezzoni et al. (2012) demonstram correlação significativa entre a matéria orgânica proveniente da serapilheira e baixas densidades, o que se deve principalmente ao efeito amortecedor desta, promovendo dissipação de parte da energia aplicada, além da capacidade em estabelecer ligações entre as partículas do solo, aumentando a coesão e promovendo maior agregação, o que acaba, assim, afetando indiretamente os demais atributos físicos do solo (BRAIDA et al., 2006).

Os dados referentes a porosidade mostram que no Argissolo houve pouca variação nos valores médios (46,65 a 53,89%), em que, o menor valor de porosidade foi encontrado na área 3, que também apresentou maior densidade, e o maior valor de porosidade foi encontrado na área 2, que apresentou menor valor de densidade.

Portanto, isso demonstra que a área 2 (silvipastoril 60%) apresenta-se melhor estruturada em relação ao arranjo das partículas no solo que a área 3 (capoeira). De acordo com Reichardt e Timm (2004), a porosidade do solo está diretamente ligada à densidade do solo. Essa também é afetada pelo nível de compactação do solo, pois quanto maior a densidade, menor será o volume do espaço poroso.

Na área de mata nativa o valor médio de porosidade é próximo ao valor do sistema silvipastoril que obteve maior média de porosidade, indicando que nessa profundidade as modificações nesse atributo, por causa da transição do ecossistema natural para Agrofloresta, não teve impacto negativo. Os valores médios encontrados para porosidade corroboram com Cruz et al (2014) que avaliando os atributos fisicohídricos de um Argissolo sob floresta e savana naturais convertidas para pastagem, no Estado de Roraima, verificaram que a porosidade total foi maior na floresta natural e menor na savana convertida em pastagem.

A porosidade do solo se correlacionou negativamente com a densidade do solo (-1) em todos os sistemas de manejo para ambos os solos, foi observado ainda, que a variação dos valores referente a porosidade dos sistemas estudados, foi pouca nos dois solos estudados. A correlação positiva da porosidade total do solo com a areia (0,17), e matéria orgânica (0,05), mostra que apesar da baixa significância, esses atributos estão positivamente relacionados. A porosidade depende, principalmente, da textura e da estrutura dos solos, mais também com a

matéria orgânica no solo que afeta, principalmente, a estrutura do solo e com isto aumenta a porosidade total (BONO, MACEDO, TORMENTA; 2013).

Na tabela 3 são apresentados os valores médios da granulometria do solo na profundidade de 10-20 cm, onde, para os sistemas analisados no Argissolo, o sistema 1 (Silvipastoril 30% de sombreamento) apresentou maior média para a fração areia ( $682,93 \text{ g kg}^{-1}$ ), diferindo estatisticamente das demais médias. Para silte, os sistemas 2 e 5 (Silvipastoril 60 % de sombreamento e Pastagem) apresentaram médias 226 e  $217,43 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente e não diferiram estatisticamente, foi possível observar diminuição nos teores de areia, da camada superficial para esta camada de solo, em que o sistema 5 (pastagem) diminuiu consideravelmente a média da fração areia, enquanto aumentou a média de silte, apresentando correlação negativa de -0,12.

Para a fração argila o sistema 5 apresentou maior média, diferindo estatisticamente das demais, os sistemas 2, 3 e 4 apresentaram valores médios estatisticamente iguais, e o sistema 1 apresentou a menor média, percebeu-se que o teor de argila aumentou com a profundidade, mantendo correlação positiva com a fração silte (0,58).

No Neossolo as médias de areia, silte e argila dos sistemas de manejo avaliados não diferiram estatisticamente, demonstrando que os sistemas apresentam baixos teores de argila e silte, sendo a areia a fração dominante, o que caracteriza o solo como solo arenoso (EMBRAPA, 2006).

Tabela 3: Granulometria e matéria orgânica do Argissolo e Neossolo, na camada de 10-20 cm de profundidade nos diferentes sistemas analisados.

Solo	Manejo					Média	CV %
	1	2	3	4	5		
<b>Areia (g/kg)</b>							
Argissolo	682.93 bA	431.31 bB	504.37 bB	528.12 bB	182.62 bC	465,87	10,73
Neossolo	927.56 aA	949.18 aA	907.43 aA	925.75 aA	924.87 aA	926,96	
Média	805,25	690,25	705,9	726,93	553,75		
<b>Silte (g/kg)</b>							
Argissolo	117.06 aB	217.43 aA	161.87 aB	133.12 aB	226aA	171,12	37,46
Neossolo	24.93 bA	2.06 bA	21.56 bA	21.75 bA	10.12 bA	16,08	
Média	71	109,75	91,71	77,43	118,12		
<b>Argila (g/kg)</b>							
Argissolo	200 aC	351.25 aB	333.75 aB	338.75 aB	591.25 aA	363	26
Neossolo	47.50 bA	48.75 bA	70.25 bA	52.50 bA	65.00 bA	56,8	
Média	123,12	198,12	183,93	169,37	308,75		
<b>Matéria Orgânica (g/kg)</b>							
Argissolo	11,96 Ab	17,10 aA	7,41 aCD	6,04 aD	9,08 aC	10,32	26,59
Neossolo	7,54 bA	2,82 bC	4,27 bBC	6,03 a AB	4,13 bBC	4,96	
Média	9,75	9,96	5,84	6,04	6,61		

Letras minúsculas comparam colunas. Letras maiúsculas comparam linhas. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>(1)</sup> 1 = Silvopastoril 30 % de sombreamento, 2= Silvopastoril 60% de sombreamento, 3= Capoeira, 4 = Mata Nativa, 5 = Pastagem.

Houve decréscimo dos teores de matéria orgânica no Argissolo à medida que aumentou a profundidade, o sistema que apresentou média (17,10 g kg<sup>-1</sup>) foi no sistema 2 (silvipastoril 60%), no entanto uma perda de cerca de 40% da matéria orgânica da camada de 0-10 cm. A matéria orgânica do solo diminui com o aumento da profundidade, isso se deve ao acúmulo natural de resíduos vegetais na superfície do solo em áreas de capoeira (LOCATELLI et al., 2010). Brady e Weil (1999), comparando solos com pastagem e floresta destacam que tendo em vista que a maioria dos resíduos orgânicos são depositados na superfície do solo, a matéria orgânica tende a acumular nas camadas superficiais do solo.

No Neossolo não houveram diferenças estatísticas entre as áreas analisadas porém, a área 1 apresentou maior média (7,54), estando próximo ao valor médio encontrado na área de mata nativa (6,03), indicando que houve um incremento exíguo no teor de matéria orgânica nesse sistema, no entanto, as demais áreas de estudo apresentaram valores inferiores à área de mata nativa, indicando a perda de matéria orgânica nesses sistemas, estando de acordo com Neves Neto et al (2013), que verificou essa redução nos teores de MO em áreas de pastagem

convencional e de capoeira. O processo de degradação do solo é dinâmico e pode ser avaliado de muitas maneiras, dentre elas a diminuição do teor de matéria orgânica do solo (SANTOS, SALCEDO, CANDEIA, 2010).

Atrelado à essa perda da matéria orgânica ocorre, como resultado, a perda dos nutrientes nela agregados. Porém, quando se avalia o processo de degradação do sistema solo-planta em âmbito amazônico este acaba de promover o aumento de plantas invasoras e consequente diminuição da gramínea forrageira o que necessariamente não deteriora as propriedades físico-químicas do solo podendo até, em certos casos, promover melhorias devido ao aumento da cobertura arbóreo-arbustiva (DIAS FILHO, 2006).

## CONCLUSÃO

No que se refere aos atributos físicos do solo, pode-se afirmar que no Neossolo os diferentes sistemas de manejo não agravaram esses atributos, quando comparado a área de referência, porém, a área de sistema silvipastoril com 30% de sombreamento apresentou melhor incremento no estoque de carbono orgânico e MO, o que pode torna-lo mais eficiente para esse tipo de solo.

No Argissolo o sistema silvipastoril 60% teve um maior incremento no EC e, portanto, MO, proporcionou melhoria nos atributos analisados, tornando-se dessa forma o sistema mais eficiente dentre os demais estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 382–388, 2009.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 187–206, 2012. Disponível em:  
<<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/PAeT.V5.N1.12/1686>>.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P. D.; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, P. R.; VILELA, L.. Informações agronômicas- Agricultura sustentável por meio da integração lavoura-pecuária-floresta (ilpf). n. 19, p. 1–18, 2012.
- BODDEY, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. S. Sequestro de carbono em solos sob sistemas agropecuários produtivos. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2004. 4 p. Boletim técnico.
- BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C.M.; TORMENA, C. A. Qualidade física do solo em um Latossolo Vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Resvista Brasileira de Ciência do Solo* 2013; v: 37:743-53.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. The nature and properties of soils. New Jersey: Prentice Hall. 881p. 1999.
- BRAIDA, J. A; REICHERT, J. M; VEIGA, M. D; REINERT, D. J . Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo** 2006; v. 30(4): 605-614.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000400001>.
- CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; SANTOS, L. A. C.; OLIVEIRA, I. A.; AQUINO, R. E.; BERGAMIN, A. C. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um Argissolo Vermelho sob floresta. *Comunicata Scientiae, Bom Jesus*, v.4, n.2, p.168-178, 2013.
- CASTRO,C.R. T.; PACIULLO, D.S.C. Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris. Minas Gerais: **Embrapa**,2006.
- CARVALHO,J. L.N.; CERRI,E. C. P.; CERRI, C.C. SPD aumenta sequestro de carbono pelo solo. p. 132–135, 2010.
- COSTA, L. M.; ABRHÃO, W. A. P. Compactação e adensamento de solos relacionados às propriedades químicas, físicas e sedimentológicas. In: ALVAREZ, V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Eds). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. 1. ed. Viçosa: UFV, 1996. p. 429-443.
- CRUZ, A. C. R; PAULETTO, E. A; FLORES, C. A; SILVA, J. B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1105-1112, 2003.

CUNHA, E. D. Q; STONE, L. F; MOREIRA, J. A. A; FERREIRA, E. P. D. B; DIDONET, A. D; LEANDRO, W. M.. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa 2011; 35(2): 589-602.

DA SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; DE SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de estudos ambientais**, V. 13(1), pag. 77-86.

DIAS FILHO, M. B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2006. 31p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 2º. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: **Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS)**, 1997. 212 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2º ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 4º. ed. Brasília - DF: Embrapa Solos, 2014. 376p.

FREITAS, I. C. D.; SANTOS, F. C. V. D.; CUSTÓDIO FILHO, R. D. O.; CORRECHEL, V.; SILVA, R. B. D. Agroecossistemas de produção familiar da Amazônia e seus impactos nos atributos do solo. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, n. 62, p. 1310–1317, 2013. Disponível em: </scielo.php?script=sci\_arttext&pid=&lang=pt>.

GARCIA-PAUSAS, J.; CASALS, P.; CAMARERO, L; HUGUET, C.; SEBASTIA, M. T.; THOMPSON, R.; ROMANYA, J. Soil organic carbon storage in mountain grasslands of the Pyrenees : effects of climate and topography. p. 279–289, 2007.

GUTMANIS, D. Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris. p. 142, 2004. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/27107572/Estoque-de-carbono-e-dinamica-ecofisiologica-em-sistemas-silvipastoris>.

HASSINK, J. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay silt particles. **Plant and Soil**, v.191, p.77-87, 1997.

HOWLETT, D. S.; MORENO, G.; LOSADA, M. R. M.; NAIR, P. R.; NAIR, V. D. Soil carbon storage as influenced by tree cover in the Dehesa cork oak silvopasture of central-western Spain. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 13, n. 7, p. 1897, 2011. Disponível em: <http://xlink.rsc.org/?DOI=c1em10059a>.

LAL, R. Carbon management in agricultural soils. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 12, n. 2, p. 303-322, Feb. 2007.

LIBARDI, P. L. *Dinâmica da água no solo*. São Paulo: **Editora da Universidade de São Paulo**, 2005, 335p.

LOCATELLI, M.; MARCOLAN, A. L.; GONÇALVES, E. L.; DA SILVA, D. F.; MARCANTE, P. H. Matéria Orgânica, Densidade E Porosidade Do Solo Submetido À Trituração De Capoeira Em Porto Velho, Rondônia - Xxxiii **Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo**. n. 1, p. 4–7, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C. D.; SILVA, E. M. R. D. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. *Bragantia*, v. 69, n. 4, p. 913–922, 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; DOS ANJOS, L. H. C.; Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1269–1276, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; BEUTLER, S. J.; ANJOS, L. H. C. D. Carbon, nitrogen and natural abundance of  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  of light-fraction organic matter under no-tillage and crop-livestock integration systems. **Acta Scientiarum**, p. 465–472, 2012.

MARCOLIN, C.D.; KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 33(2): 349-354, 2011.

MARQUES, J. D. O.; LUIZÃO, J. L.; TEIXEIRA, G. T.; SARRAZIN, M.; FERREIRA, S. J. F.; BELDINI, T. P.; ARAÚJO MARQUES, E. M. Distribution of organic carbon in different soil fractions in ecosystems of Central Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 232–42, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20150142>.

MORAES, M. F.; OLIVEIRA, G. C.; KLIEMANN, H. J.; SEVERIANO, E. C.; SARMENTO, P. H. L.; NASCIMENTO, M. O. Densidade e Porosidade do Solo como diagnóstico do estado de Degradação de Solos sob pastagens na região dos Cerrados. **SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE DEGRADADAS**, 2002, Belo Horizonte – MG.

NAIR, P. K. R. et al. Silvopasture and carbon sequestration with special reference to the Brazilian Savanna (Cerrado). In: KUMAR, B. M.; NAIR, P. K. R. (Ed.). Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges. Dordrecht: Springer, 2011. p. 145-162. (**Advances in Agroforestry**, 8).

NEVES NETO, D. N.; DOS SANTOS, A. C.; SANTOS, P. M.; MELO, J. C.; SANTOS, J. S. Análise espacial de atributos do solo e cobertura vegetal em diferentes condições de pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 9, 2013.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 5, p. 1038–1046, 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542004000500010&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542004000500010&lng=pt&tlng=pt)>.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. integração lavoura-pecuária-floresta- Convivência harmônica. p. 14–18, 2012.

PEZZONI, T.; VITORINO, A. C. T.; DANIEL, O.; LEMPP, B. Influência de *Pterodon emarginatus* Vogel sobre atributos físicos e químicos do solo e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* Stapf em sistema silvipastoril. **Cerne** 2012; 18(2): 293-301.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602012000200014>.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. *Solo, planta e atmosfera: conceito, processo e aplicações*. Barueri: Manole, 2004, 478 p.

ROSENDO, J. dos S.; ROSA, R. Comparação do estoque de C estimado em pastagens e vegetação nativa de cerrado. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 359-376, maio/ago. 2012

ROSSET, J. S.; SCHIAVO, J. A.; ATANÁZIO, R. A. R. Atributos químicos, estoques de carbono orgânico total e das frações humificadas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de manejo de cana-de-acúcar. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2351-2366, 2014.

SALES, L. E. D. O., CARNEIRO, M. A. C., SEVERIANO, E. D. C., OLIVEIRA, G. C. D., & FERREIRA, M. M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. *Ciênc. agrotec., (Impr.)*, 34(3), 667-674, 2010.

SANTOS, P. M. Interface Solo-Planta-Animal em sistemas agroflorestais para a intensificação ecológica na pecuária. 2014. 279 pag. Tese (Doutorado em Ciência Animal)- Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, Tocantins.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Variabilidade espacial da fertilidade do solo sob vegetação nativa e uso agropecuário: Estudo de caso na microbacia Vaca Brava – PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.62, p.119-124, 2010.

SAMPAIO DE FREITAS, E. C.; NOLASCO DE OLIVEIRA NETO, S.; MIRANDA DA FONSECA, D.; VITÓRIA SANTOS, M.; GARCIA LEITE, H.; & DINIZ MACHADO, V. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, 2013.

SILVA, M. A. S. D.; MAFRA, Á. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 544–552, 2005.

SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA, F. A. S, Azevedo CAV (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res.* Vol. 11(39), pp. 3733-3740, 29 September. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

VIEIRA, S. R., FALCI DECHEN, S. C., MACHADO SIQUEIRA, G., & DUFRANC, G. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos relacionados com o estado de

agregação de dois Latossolos cultivados no sistema de semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 185–195, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000100025>.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I.; C DE OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, v. 28, n. SUPPL. 1, p. 256–265, 2012.

ZINN, Y. L.; RIBEIRO GUERRA, A.; SILVA, A. C.; MARQUES, J. J.; DE OLIVEIRA, G. C.; CURTI, N. Perfis de carbono orgânico do solo nas regiões Sul e Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais: modelagem em profundidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1395-1406, out./nov. 2012.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de componentes principais permitiu reduzir o conjunto de dados avaliados, e possibilitou identificar quais variáveis tiveram maior influência sobre cada componente. Os atributos químicos e físicos analisados demonstram que os sistemas de manejo dentro da mesma classe de solo, tem pouca variação. No entanto, os sistemas silvipastoris nas classes de solo analisadas (Argissolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico), apresentaram melhora nos atributos estudados, com relação ao sistema de referência (Mata Nativa), e aos demais analisados, elevando principalmente os valores de saturação de bases, matéria orgânica e estoque de carbono, e reduzindo os valores de densidade do solo.

Desta forma, é possível afirmar que, o uso de sistemas de manejo integrados aliados à tratamentos culturais adequados, podem garantir sustentabilidade do sistema e qualidade do solo utilizado. Trabalhos futuros podem estudar ainda outros atributos físicos e químicos, não analisados neste estudo, como a resistência do solo a penetração, umidade do solo e quantificar a biomassa, carbono da parte aérea das árvores e da serapilheira, e dessa forma poder quantificar ainda o sequestro de carbono exercido por essas árvores do sistema silvipastoril.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, E. A. et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 187–206, 2012. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/PAeT.V5.N1.12/1686>>.
- BAVOSO, M. A. et al. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 227-234, 2010.
- BERNARDINO, F. S; GARCIA, R. 2009. Sistemas Silvopastoris. n. 2, p. 77–88, 2009.
- CARNEIRO, M. A. C et al., 2009. Solo De Cerrado Sob Diferentes Sistemas De. n. 1, p.147-157, 2009.
- CARVALHO, R. P. Universidade Federal Da Grande Dourados Sistema Silvopastoril Em Neossolo Quartzarênico : Relação Solo-Planta-Atmosfera Sistema Silvopastoril . 74 pag. 2015.
- CARVALHO, M. M.; BOTREL, M.A. Arborização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto. In: **Forragicultura e pastagens: temas em evidência**, 3.Lavras:Editora UFLA, p.31-76, 2002.
- CAVALLINI, M. C. et al. Relações entre produtividade de *Brachiaria brizantha* e atributos físicos de um latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1007–1015, 2010.
- DA SILVA, G. F et al. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do agreste paraibano 1. v. 2125, p. 25–35, 2015.
- DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. rev., atual. e ampl. Belém, PA, 2011. 8 pag.
- EMBRAPA. Embrapa mapeia degradação das pastagens do Cerrado. Brasília: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 2014. Disponível em<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2017.
- FEIDEN, A. Métodos alternativos para biocontrole na agricultura. Corumbá: **Embrapa Pantanal**,2009. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/FOL148.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2017.
- GREGORICH, E. G. et al.; Biological attributes of soil quality. In: GREGORICH, E.G.; CARTER, M. (Ed.). *Soil quality for crop production and ecosystem health*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science, 1997.
- KARLEN, D.L.; Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, p.4-10, 1997.

LIMA, H. V. et al. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1085-1098, 2007.

LIMA, S. S. et al. Serapilheira e teores de nutrientes em argissolo sob diferentes manejos no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 75–84, 2010.

LOURENTE ET AL., 2011. Atributos Microbiológicos, Químicos E Físicos De Solo Sob Diferentes Sistemas De Manejo E Condições De Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20–28, 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/8459>>.

MARINARI, S. et al. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. **Ecological Indicators**, v. 6, n. 4, p. 701–711, 2006.

PACIULLO, D. S. C. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. n. 1, p. 573–579, 2007.

PEZARICO, C. R. et al. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. Revista de Ciências Agrárias - **Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 1, p. 40–47, 2013. Disponível em: <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.004>>. Acesso : 22 de novembro de 2017.

NIERO, L. A. C. et al. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo vermelho. n. 3, p. 1271–1282, 2010.

NORTCLIFF, S. Standardisation of soil quality attributes. v. 88, p. 161–168, 2002.